

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
Імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

На правах рукопису

УДК 676.26

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Гомеля М.Д.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра  
зі спеціальності 161 Хімічні технологія та інженерія  
на тему: «Вплив витрати дисперсії на основі димерів алкілкетенів на  
показники картону тарного макулатурного вологомічного у Приватному  
акціонерному товаристві «Київський картонно-паперовий комбінат»**

Виконав:

студент 6 курсу, групи ЛЦ-391мп

Грищенко Тетяна Анатоліївна

\_\_\_\_\_

Керівник:

Кандидат хімічних наук, професор,

Барбаш В.А.

\_\_\_\_\_

Рецензент:

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що в цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою

Спеціальність (спеціалізація) – **161 Хімічні технології та інженерії** (хімічні технології преробки деревини та рослинної сировини)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Гомеля М.Д.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**

**Грищенко Тетяни Анатоліївни**

1. Тема дисертації «Вплив витрати дисперсії на основі димерів алкілкетенів на показники картону тарного макулатурного вологомічного у Приватному акціонерному товаристві «Київський картонно-паперовий комбінат», науковий керівник дисертації Барбаш В.А., кандидат хімічних наук, професор, затверджені наказом по університету від 09.11.2020 р. №\_3261-с.
2. Термін подання студентом дисертації 16.12.2020.
3. Об'єкт дослідження – процес одержання картону із використанням димерів алкілкетенів
4. Предмет дослідження – технологічні параметри процесу одержання картону із використанням димерів алкілкетенів.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити – технологічна частина: вимоги до сировини та готової продукції, технологічна схема виробництва картону тарного макулатурного вологомічного з інноваціями, матеріальний і тепловий баланс виробництва продукції; наукова частина: дослідження впливу витрат дисперсії АКД на показники якості картону; стартап-проект.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу – використання АКД у виробництві паперу і картону, вплив витрат дисперсії АКД на показники макулатурної маси, залежність показників поверхневої вбирності води картону від витрат дисперсії АКД, залежність вологомічності картону (а) від витрат АКД, вузол розволокнення TwinPulp, переробка відходів картону вологомічного, сучасний башмачний прес Single NipcoFlex, розмелювання макулатурної маси, формуючий пристрій, рекомендована технологічна схема виробництва картону

тарного вологомічного, результати зведеного балансу води і волокна, результати теплового балансу, ідея стартап-проекту, SWOT- аналіз стартап-проекту.

7. Орієнтовний перелік публікацій –

Анчук І.В., Грищенко Т.А., Подгорнов Є.О., Трембус І.В. Метод SCT – показник міцності упаковки з гофрокартону. Теорія і практика актуальних наукових досліджень. Матеріали II науково-практичної конференції (м. Дніпро, 28-29 лютого 2020 р.). Херсон: Видавництво «Молодий вчений», 2020. – Ч.2. – с. 94.  
Анчук І.В., Грищенко Т.А., Подгорнов Є.О., Трембус І.В. М'якість, як один з основних показників виробів санітарно-гігієнічного призначення. Збірник тез доповідей XVIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання» (21-22 травня 2020 року м.Київ)/Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: КПІ ім.. Ігоря Сікорського, 2020 с. 173

8. Дата видачі завдання: 1.10.2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Підготовка літературного огляду з теми дисертації	1.09.2020 – 27.09.2020	
2	Розробка інновацій, що пропонується внести в існуючий технологічний потік виробництва картону вологомічного	28.09.2020 – 04.10.2020	
3	Дослідження впливу витрат АКД на показники якості картону вологомічного	5.10.2020 – 16.10.2020	
4	Підготовка вимог до сировини та готової продукції	19.10.2020 – 22.10.2020	
5	Розробка технологічної схеми та її опис	23.10.2020 – 29.10.2020	
6	Розрахунок матеріального балансу виробництва продукції	30.10.2020 – 6.11.2020	
7	Розрахунок теплового балансу виробництва продукції	9.11.2020 – 13.11.2020	
8	Стартап-проект	16.11.2020 – 30.11.2020	
9	Оформлення магістерської дисертації	1.12.2020 – 7.12.2020	
10	Підготовка до захисту магістерської дисертації	8.12.2020 – 15.12.2020	

Студент

Грищенко Т.А.

Науковий керівник

Барбаш В.А.

## РЕФЕРАТ

**Магістерська дисертація:** 94 стор., 6 рис., 26\_табл., першоджерел 25

**Актуальність теми:** Стрімке розширення виробництва картонної упаковки в Україні пов'язано з збереженням навколишнього середовища, браком целюлози та розширенням асортименту даного виду продукції. Одним із видів картонної упаковки є виготовлення продукції, що використовується для пакування та зберігання охолоджених та заморожених продуктів. Для збереження міцності такої упаковки застосовують різні способи проклеювання волокнистої маси, з якої виготовляють картон вологоміцний, та хімічні допоміжні речовини, зокрема дисперсії на основі димерів алкілкетенів (АКД). Тому визначення оптимальних витрат АКД та впровадження інновацій у технологічний процес для покращення показників якості картону тарного макулатурного вологоміцного є актуальною науково-практичною задачею.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження виконано згідно плану робіт відділу контролю якості продукції ПрАТ «ККПК».

**Мета і задачі дослідження.** Метою магістерської дисертації є впровадження інновацій щодо покращення показників картону тарного макулатурного вологоміцного. Для досягнення вказаної мети були поставлені наступні задачі:

1. Зробити аналіз літератури щодо вирішення проблем виробництва картону тарного макулатурного вологоміцного.
2. Ознайомитись з технологією виробництва картону тарного вологоміцного, проаналізувати обладнання, яке використовується. Підібрати та проаналізувати основне технологічне обладнання технологічного потоку.
3. Провести дослідження щодо впливу дисперсії на основі димерів алкілкетенів (АКД) за різних витрат на показники потенціалу протікання, катіонної потреби, значення рН макулатурної маси та фізико-механічні показники готової продукції. Визначити оптимальну витрату реагенту.
4. Запропонувати

інновації для вирішення проблем виробництва картону тарного макулатурного вологоміцного.

**Об'єкт дослідження.** Процеси одержання картону тарного макулатурного вологоміцного із використанням дисперсії на основі димерів алкілкетенів (АКД).

**Предмет дослідження.** Технологічні параметри процесу одержання картону тарного макулатурного вологоміцного із використанням дисперсії димерів алкілкетенів.

**Методи дослідження.** Показники потенціалу протікання та катіонної потреби макулатурної маси з використанням дисперсії АКД визначали за допомогою аналізатора заряду частинок типу SCD. Показники рН макулатурної маси, фізико-механічні показники дослідних відливок визначали за допомогою стандартних методик.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Встановлено вплив АКД на такі показники якості вологоміцного картону, як: поверхнева вбирність води за методом Кобб<sub>180</sub> та Кобб<sub>1800</sub>, руйнівне зусилля в сухому та вологому станах, SCT, вологоміцність.

**Практичне значення отриманих результатів.** Визначено оптимальну витрату дисперсії на основі димерів алкілкетенів на фізико–механічні показники тарного макулатурного вологоміцного. Запропоновано інновації для вирішення проблем виробництва картону тарного макулатурного вологоміцного.

**Апробація результатів дисертації.** Положення магістерської дисертації доповідалися та обговорювалися на XVIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання» 21-22 травня 2020 року м.Київ.

**Публікації.** За матеріалами магістерської дисертації опубліковано 2 праці - тези доповідей в збірниках матеріалів науково-технічних конференцій.

ДИСПЕРСІЯ НА ОСНОВІ ДИМЕРІВ АЛКІЛКІТЕНІВ, ДЗЕТА ПОТЕНЦІАЛ, МАКУЛАТУРНА МАСА, ПОКАЗНИК ЯКОСТІ, ВОЛОГОМІЦНІСТЬ, КАРТОН ТАРИЙ МАКУЛАТУРНИЙ ВОЛОГОМІЦНИЙ

## ABSTRACT

Master's dissertation: pages 94, fig. 6, tabl. 26, ref. 25

**Relevance of the theme.** The rapid expansion of cardboard production in Ukraine is associated with the preservation of the environment, lack of pulp and expansion of the range of this type of product. One of the types of cardboard packaging is the manufacture of products used for packaging and storage of refrigerated and frozen products. To maintain the strength of such packaging, various methods of sizing the fibrous mass from which moisture-resistant cardboard is made, and chemical auxiliaries, in particular dispersions based on alkyl ketene dimers (AKD) are used. Therefore, determining the optimal cost of AKD and the introduction of innovations in the technological process to improve the quality of cardboard packaging waste moisture is an urgent scientific and practical task.

**Relationship of work with scientific programs, plans, themes.** The study was performed according to the plan of the product quality control department of Kyiv Cardboard and Paper Mill.

**The purpose and tasks of the study.** The purpose of the master's dissertation is to introduce innovations to improve the performance of cardboard packaging moisture-resistant. To achieve this goal, the following tasks were set: 1. To analyze the literature on solving the problems of production of moisture-resistant packaging waste paperboard and get acquainted with the technology of production of moisture-resistant packaging cardboard. 2. Analyze the equipment used. Select and analyze the main technological equipment of the technological flow. 3. Carry out laboratory work on the effect of dispersion based on dimers of alkyl ketenes (AKD), at different costs, on the indicators of flow potential, cationic needs, pH values of waste paper and physical and mechanical parameters of the finished product. Determine the optimal consumption of reagent. 4. Describe examples of innovations to solve the problems of production of moisture-resistant packaging waste paperboard.

**The object of research.** Processes of obtaining moisture-resistant packaging cardboard with the use of dimers of alkyl ketenes (AKD).

**Subject of research.** Technological parameters of the process of obtaining moisture-resistant packaging waste paperboard using a dispersion of alkyl kitene dimers.

**Methods of research.** The flow potential and cationic demand of the waste paper using the dispersion of the AKD was determined using a particle charge analyzer type SCD. The pH of the waste paper, physical and mechanical parameters of the experimental castings were determined using standard methods.

**Practical value of the obtained results.** The optimal flow rate of AKD for the production of cardboard packaging waste moisture resistant is determined.

DISPERSION BASED ON DIMMERS OF ALKYLKITENES, ZETA POTENTIAL,  
WASTE PAPER, QUALITY INDICATORS, HUMIDIFICATION, MOISTURE-  
RESISTANT CARDBOARD

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	12
1.1 Світовий досвід вирішення проблем виробництва картону тарного макулатурного вологоміцного.....	12
1.2 Роль електрокінетичного потенціалу дисперсійного середовища на показники картонно-паперової продукції.....	19
1.3 Інновації, що пропонується внести в існуючий технологічний потік виробництва картону тарного макулатурного вологоміцного.....	25
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	30
2.1 Вимоги до сировини та готової продукції.....	30
2.2 Дослідження впливу витрат дисперсії АКД на показники якості картону тарного макулатурного вологоміцного.....	38
2.3 Рекомендована технологічна схема виробництва картону тарного макулатурного вологоміцного.....	42
2.3.1 Опис технологічної схеми виробництва картону тарного вологоміцного для плоских шарів гофрокартону.....	42
2.3.2 Матеріальний баланс виробництва продукції.....	50
2.3.3 Тепловий баланс виробництва картону.....	60
2.3.4. Розрахунок основного технологічного обладнання.....	61
3 СТАРТАП-ПРОЕКТ.....	68
ВИСНОВКИ.....	82
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	84
ДОДАТОК 1 Теорія і практика актуальних наукових досліджень. Матеріали II науково-практичної конференції .....	87
ДОДАТОК 2 Тези доповідей XVIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених ”Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання” .....	91



## ВСТУП

Папір та картон займає в житті людини важливу роль. Без цього дивного матеріалу складно уявити професійну діяльність будь-якої фірми чи повсякденне життя людини. Навіть на сьогоднішній день, коли інформаційні технології стрімко розвиваються повністю відмовитися від паперу залишається неможливим завданням.

Найбільш поширеним матеріалом для створення картонно-паперової упаковки є картон. Однак, одним із суттєвих недоліків виробленої картонної упаковки є слабка вологоміцність. Це значно звужує сферу його застосування в тих випадках, коли потрібно збереження міцності упаковки в умовах підвищеної вологості.

Одним з кардинальних способів надання бар'єрних властивостей паперу і картону є ламінування плівкою або методом екструзії. Ще один спосіб посилення вологоміцності целюлозних матеріалів – поверхневе проклеювання. До числа проклеюючих речовин відносять такі, які надають паперу гідрофобності. Проклеюючі речовини застосовуються у вигляді спеціальних розчинів або емульсій. Готові папір або картон піддають проклеюванню шляхом просочування в розчині клею або його нанесенні на поверхню аркуша. Поверхнева проклейка може бути здійснена на окремих машинах або безпосередньо на папероробній машині в клеїльному пресі. В цьому випадку папір піддається просоченню лише з поверхні, а в товщі аркуша залишається не проклеєним. Ці речовини надають паперу потрібний ступінь гідрофобності, знижують її здатність поглинати воду.

Для надання паперу деяких специфічних властивостей, застосовують різні проклеюючі речовини, які надають паперу водостійкості, а також і такі, які зв'язують волокна між собою в паперовому листі і тим самим сприяють підвищенню механічної міцності паперу, перші називають гідрофобізуючими, а другі зв'язуючими проклеюючими речовинами.

В якості таких матеріалів найефективніше застосовуються: звичайна і модифікована каніфоль, парафін, гірський віск, креати, силікони, бітум, латекс,

синтетичні клеї на основі димерів алкилкетенів (аквапел) тощо. Найбільш ефективним способом вирішення питання вологостійкості є проклеювання в масі на папероробній або картоноробній машині, коли речовини вводяться в паперову масу. Проклеювання в масі здійснюється введенням розчину проклеюючих речовин у волокнисту суспензію, що знаходиться у басейні. При цьому проклеюючи речовини розподіляються по всій товщині паперу.

Смоли для надання вологоміцності – важлива група хімікатів паперового виробництва, які мають позитивний (катіонний) заряд. Молекули целюлози мають негативний (аніонний) заряд. За рахунок цього відбувається з'єднання молекул целюлози з молекулами смол. Отже підвищується міцність паперу, як в сухому, так і у вологому стані [1].

Приватне акціонерне товариство «Київський картоннопаперовий комбінат» (далі – ПрАТ «ККПК») — одне з найбільших підприємств Європи з виробництва картоннопаперової продукції і є складовою частиною австрійської компанії Pulp Mill Holding. В загальному обсязі випуску целюлозно-паперової продукції в Україні частина комбінату складає близько 30%. Основною сировиною для виробництва є макулатура. Серед основних видів продукції комбінату – пакувальний крейдований і некрейдований картон, тарний картон, папер для гофрування, продукція санітарно-гігієнічного і господарського призначення, гофрокартон та упаковка з нього.

Картон тарний макулатурний вологостійкий марки КТУ-ВП виготовляється з 100 % макулатурної сировини. Картон використовується для виробництва гофротари призначеної для пакування та зберігання охолодженої та замороженої продукції. У технологічному процесі виробництва картону є «вузькі» місця, які потребують вирішення, зокрема: переробка відходів вологоміцного картону, покращення очищення макулатурної маси, підбір та дозування реагентів, що впливають на гідрофобність картону, методи їх подачі, збільшення сухості паперового полотна, збільшення продуктивності картоноробної машини. Одним

із напрямів вирішення надання картону підвищеної гідрофобності є нанесення на поверхню картону дисперсії на основі димеру алкілкетену.

Тому визначення витрати дисперсії на основі димеру алкілкетену на показники якості картону тарного макулатурного вологоміцного та впровадження інновацій для вдосконалення технологічного процесу його виробництва є важливою науково-практичною задачею, яка розглядається у магістерській дисертації.

## 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### 1.1 Світовий досвід вирішення проблем виробництва картону тарного макулатурного вологоміцного

Одним із найбільш популярних видів тари й упаковки є упаковка з паперу та картону. Основними тенденціями розвитку виробництва картонної тари за кордоном є вдосконалення самого картону, конструкцій картонної тари, технології виготовлення картонної тари та обладнання для цього [2].

На світовому ринку картонно-паперової продукції можна виділити три компанії лідери з виробництва тарного картону: International Paper (США), Smurfit Kappa (Ірландія) і Weyerhaeuser Company (США), які виробляють крафт і тестлайнер. Далі йдуть SCA (Швеція), SAICA (The South African Institute of Chartered Accountants), базується в Іспанії), Mondi (Великобританія) і Cascades (Канада). У десятку найбільших виробників картону для плоских шарів гофрокартону входять чотири німецькі компанії: W. Hamburger, Palm Group, Adolf Jass і Emin Leydier Group [3].

Останнім часом світовий ринок паперової та картонної упаковки демонструє стабільне зростання. Ця тенденція обумовлена значним попитом на зазначену продукцію в харчовій і косметичній промисловості, а також у сфері охорони здоров'я. У 2013 р. його обсяг збільшився у вартісному вираженні на 1,9%, перевищивши вартісний показник обсягу попереднього року на 4 млрд дол. США [2].

Ринок картонної упаковки з об'ємом 261 млрд дол. США становив у 2015 р. найбільшу частку пакувального ринку загалом і зберігає свої позиції у 2020 р. У 2015 р. Китай обігнав США і став найбільшим споживачем картонної упаковки у світі і до 2020 р. споживали близько чверті світового обсягу цієї продукції. У перспективі друге і третє місце займуть Індія і Південна Корея. Зростання замовлень через інтернет стимулює збільшення споживання

картонної упаковки. Причому близько 30–40% куплених через інтернет товарів повертають, тому їх упаковка повинна легко відкриватися і закриватися [2].

За даними Конфедерації європейської паперової промисловості (The Confederation of European Paper Industries, CEPI), сектор пакувального картону з 1991 р. зріс з 40,8% до 49% від загального обсягу виробництва і споживання паперу і картону.

Частка тари з картону в загальній структурі світового виробництва тари складає в середньому 60%. Для виробництва картонної тари випускаються два основних типи картону – гофрований і плоский склеєний. Найбільшого поширення набув гофрований картон із поліпшеними технологічними властивостями.

Український ринок пакувальних матеріалів демонструє високі темпи зростання. Так, за останні 10 років в сегменті картонної упаковки, а саме гофротари, яка займає переважну частку на ринку, обсяги виробництва виросли в 2 рази [3].

На сьогодні картонні упаковки знайшли застосування у багатьох галузях промисловості. Вони використовуються виробниками харчових продуктів, алкогольних і безалкогольних напоїв, товарів побутової хімії, фармацевтичної галузі, тютюновою промисловістю та ін. [3].

На ринку тари і пакувальних матеріалів основну частку займає сегмент харчової упаковки приблизно 70%. До середини 90х ХХ ст. частка споживчої упаковки не перевищувала 10% від загального об'єму ринку, проте починаючи з нового тисячоліття, ця частка була подвоєна і відсоток продовжує збільшуватися [3].

Виготовлені з целюлози папір чи картон можуть складати основу композиційних, в т. ч. комбінованих, матеріалів. Целюлоза — найбільш розповсюджений природний полімер, який залишається одним з головних і найважливіших видів вихідної сировини в паперовій промисловості. Серед інших

природних і синтетичних полімерів целюлоза займає і, за рядом техніко-економічних факторів, буде займати і в найближчі роки одне з провідних місць.

Чистоцелюлозний папір сам по собі є матеріалом, який має той чи інший комплекс споживчих і експлуатаційних властивостей, в т. ч. специфічних чи спеціальних. Разом з тим, науково-технічний прогрес у різних галузях економіки вимагає створення матеріалів із властивостями, яких неможливо досягти за використання тільки чистоцелюлозної сировини. Все більш важливу роль набувають серед них композиційні матеріали, в т. ч. картонно-паперові, конструкційного і функціонального призначення.

Використовуючи інші хімічні волокна, матеріали, плівки і компоненти, застосовуючи відповідні технології, можна одержати композиційний матеріал зовсім нового призначення. Введення до складу матеріалу тих чи інших волокон, хімічних речовин, смоли, наповнювачів дає змогу спрогнозувати і забезпечити досягнення спеціальних характеристик картонно-паперових композиційних матеріалів [4].

В розвинених країнах питанням розробки й освоєнню виробництва комбінованих матеріалів на основі паперу і картону з застосуванням мінеральних і синтетичних волокон приділяється дуже велика увага. Використання гідрофобних чи гідрофільних властивостей поверхні волокон дозволяє виготовляти папір чи матеріали з підвищеною теплостійкістю, високою фільтрувальною здатністю для очищення і поділу олії і води, інших рідких продуктів і середовищ [4].

Необхідно створити пакувальні матеріали нового покоління, а саме коли папір або картон піддаються поверхневому обробленню олеофобними та вологостійкими розчинами і складами, що забезпечують їм високий комплекс бар'єрних і захисних властивостей. Головним призначенням матеріалу з бар'єрними і захисними властивостями — створити захисний шар, який запобігає міграції будь-яких речовин до упакованого продукту іззовні або з паперу (картону), зберегти початкову міцність у вологому середовищі, забезпечити

захисні вимоги — необхідний рівень опору проникненню води, пари, жиру, масла, газу, запахів, збереження форми і зовнішнього вигляду упакування, а також жорсткі вимоги відносно їх фізіологічної безпеки, впливу на смакові властивості і термінів зберігання продукції.

Слід зазначити, що існує велика гама різних вологостійких складів зарубіжного виробництва. Проблема розроблення подібних складів, створення технології і організації промислового виробництва матеріалів на їх основі залишається відкритою у залученні для її вирішення спеціалістів і науковців різних галузей науки і техніки [4].

Для паперу та картону з підвищеним терміном служби застосовується технологія їх виробництва в лужному та нейтральному середовищі. В якості агентів для нейтрального проклеювання паперу і картону домінуючий стан займають синтетичні проклеюючі матеріали, а саме димери алкілкетенів (АКД) та ангідрид алкеніл янтарної кислоти (АСА) [5].

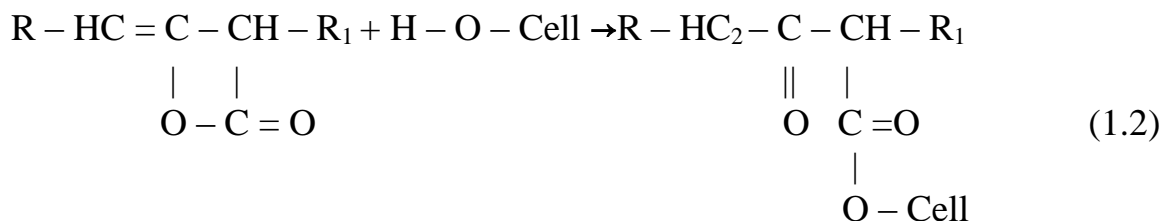
В наш час з'явилися різні види АКД – з високою температурою плавлення, модифіковані, з різним зарядом колоїдної системи (катіонні/аніонні). Такі АКД дозволяють працювати за високими температурами в напірному ящику та в сушільній частині КРМ без відкладень на сушільних циліндрах. Підвищена температура сушильної частини КРМ дозволяє покращити ступінь проклеювання паперу. Модифіковані АКД краще утримуються на волокні, аніонні не знижують ефективність роботи оптичних відбілювачей [5].

Використовуючи найбільш підходящий для даних умов вид АКД можна отримати матеріал із заданим комплексом властивостей, що забезпечують необхідний рівень показників якості паперу, за стабільної та ефективної роботи КРМ [5].

АКД використовується в межах від 6,5 до 9,0 і представляє собою синтетичний проклеюючий агент, що отримують на основі жирних кислот (стеаринової, пальметинової та ін..). Його хімічну будову можна представити наступною формулою [6]:



де: R – алкідна група, що вміщує 8-20 атомів вуглецю, арилу, алкарилу чи аралкілу. Димери алкілкетенів утворюють міцні хімічні зв'язки з целюлозою за наступним механізмом [6]:



Як відомо [7], основною сировиною для вітчизняних підприємств галузі сьогодні є макулатура. Вітчизняні заготівельні організації не можуть задовольнити в повному обсязі потреби виробників картонно-паперової продукції в макулатурі, оскільки рівень регенерації вторинної сировини в Україні становить 49-50 %, тоді як у багатьох європейських країнах цей показник дорівнює 65-70 %. Різниця в ступені регенерації вторинної сировини в Україні і в країнах Європи полягає в різниці технічного та культурного проведення її заготівлі, а також у різному підході держави до питання стимулювання заготівельної діяльності. Для збільшення обсягів виробництва паперу й картону, крім підвищення рівня регенерації вторинної сировини, необхідно також знайти альтернативні джерела власної рослинної сировини для виготовлення картонно-паперової продукції.

За відсутності в Україні власного виробництва товарної целюлози, підприємства пакувальної галузі роблять обмежений асортимент продукції і орієнтуються в основному на випуск тих видів паперу і картону, які виробляються з вторинного волокна – макулатури.

Варто відмітити, що однією з основних тенденцій розвитку ринку картонної упаковки є пошук виробниками нових технологічних рішень для підвищення рентабельності виробництва і розширення асортиментної лінійки упаковки, що



випускається. Тому актуальним завданням суб'єктів ринку є вибір устаткування, адекватного цільовим завданням і фінансовим коштам компанії [3].

Саме створення нових виробничих потужностей і модернізація існуючих на основі сучасних технологій, разом із зростанням споживчого попиту з боку харчової промисловості, є однією з причин зростання обсягів виробництва тари з гофрованого картону. Також величезний вплив на необхідність введення нових технологічних рішень у виробничий процес робить законодавство країни. Наприклад, ухвалення закону про додаткову маркіровку фармацевтичної упаковки шрифтом Брайля породило проблему не лише в ціновій політиці готових упакованих ліків, але і проблему ускладнення технологічного процесу виготовлення картонної упаковки [3].

Серед інших тенденцій розвитку ринку варто відмітити: збільшення вимог до якості матеріалів: екологічна безпека і можливість повторної переробки; мінімізація розмірів упаковки; збільшення "відкритості" упаковки для споживача, тобто виробництво такої конструкції упаковки, що дозволяє розглянути товар; збільшення вимог до дизайну упаковки, її барвистості і обробки.

Основним ринком збуту картонної і паперової упаковки українського виробника за підсумками 2013 р. був ринок Росії, куди поставили більше 65% всієї тари, що експортувалася. Близько 16% продукції було відправлено до Білорусі; також картонна і паперова упаковка експортувалася до Молдови, Казахстану, Фінляндії і інших країн [8].

ПрАТ ККПК – одне з найбільших підприємств в Європі, що випускає різноманітну картонно-паперову продукцію. Для підвищення конкурентоспроможності на ПрАТ ККПК приділяється постійна увага і дії в напрямку виготовлення нової продукції, а саме, картону вологоміцному. Для випуску паперу для гофрування та картону для плоских шарів гофрокартону застосовується вторинне волокно. Якість макулатури має велике значення для виготовлення якісної готової продукції, тому існує необхідність реконструкції існуючого технологічного потоку.

Відомо, що зі збільшенням циклів використання макулатури, вторинні волокна мають занижені паперотворні властивості [9]. Причини, які призводять до погіршення якості вторинного волокна це порушення його структури внаслідок процесів розпускання та розмелювання.

Таким чином у виробництві картону тарного вологоміцного існує ряд проблем, а саме: особливості в процесі переробки відходів картону вологоміцного, макулатурна маса, яку необхідно очищувати, для зниження виробничих ускладнень, які пов'язані з відкладенням на одязі машини і виключенням обривів картонного полотна.

Пресова частина машини повинна працювати таким чином, щоб на ній відбувалося рівномірне і максимально припустиме для визначеного виду картону видалення води. Зневоднювання пресуванням у 10...15 разів дешевше, ніж зневоднювання сушінням. Велику увагу треба приділити удосконалюванню конструкції пресів з метою одержання в них сухості полотна до 55% [10]. Підвищення сухості картонного полотна в результаті дозволить отримати картон із заданими показниками механічної міцності.

Важливо здійснити вибір ефективного хімічного реагенту для підвищення міцності картону у вологому стані, визначити умови введення цього реагенту в макулатурну масу, встановити ефективні витрати реагенту в композиції картону.

Таким чином, для покращення фізико-механічних показників картону, збереження якісних показників картону у вологому стані, збільшення продуктивності картоноробної машини, необхідно застосовувати в технологічному потоці обладнання з більш високими технічними характеристиками, використовувати в композиції волокна, зміцнюючі хімічні реагенти та визначити їх оптимальну витрату.

## **1.2 Роль електрокінетичного потенціалу дисперсійного середовища на показники картонно-паперової продукції**

За останні декілька десятиліть у вітчизняному і світовому виробництві паперу сталися серйозні зміни, пов'язані з переходом від кислої до слабо нейтрального середовища в основних технологічних процесах – масопідготовки та відливу. Знизилося використання мінеральних коагулянтів (наприклад, сульфату алюмінію), збільшилося використання синтетичних органічних флокулянтів-коагулянтів, значно виросла доля використання вторинного волокна і напівфабрикатів високого виходу при зниженні використання целюлози, зросло використання всіляких хімічних реагентів. Завдання регулювання їх дозування і отримання продукції із стабільними властивостями, загальна економія сировини і енергії, посилення екологічного законодавства примушують виробників паперу переглядати прийняті методи аналізу волокнистих напівфабрикатів і широко використати додаткові параметри, наприклад, електрокінетичні параметри паперової маси. Останнім часом контролю змін цих параметрів стали приділяти підвищену увагу, у тому числі за допомогою стандартних приладів. Відомо, що паперова маса складається не лише з целюлозних волокон, але і включає велику кількість хімічних реагентів, наповнювача, проклеюючих речовин, флокулянтів, функціональних і процесних хімікатів, крім того, в паперовій масі є присутніми розчинене повітря, прості катіони і аніони, зважені речовини. Таким чином, паперова маса є багатокomпонентною грубогетерогенною системою розчинених, колоїдних і зважених (що суспензують) речовин. Небажаним компонентом паперової маси є речовини, що інтерферують, або аніонні забруднення. Ці речовини приходять з волокнистого напівфабрикату, потоку браку, макулатури в мікрокількостях, але накопичуються в оборотній воді. Аніонні забруднення знижують або нівелюють дію корисних хімікатів, що додаються, що призводить до утруднень нормального функціонування основних процесів виробництва паперу [11].

Для оцінки вмісту речовин, що інтерферують, в потоці паперової маси оперують показником катіонної потреби (КП), оцінка рівня якого відноситься до важливого етапу підготовки паперової маси і визначає оптимальне дозування корисних реагентів. Підвищення цього показника говорить про підвищення активності аніонних забруднень в потоці, що при певній своїй величині призводить до погіршення процесу утримання і обезводнення паперової маси, а також посилення утворення відкладень на одязі ПРМ, а також підвищення коливань вологості паперового полотна. На жаль, цей показник не завжди відбиває каламутність підсіткової води. Досягнення деякого критичного значення змісту аніонних забруднень призводить до погіршення споживчих властивостей і підвищення собівартості продукції.

Аналізуючи мокру частину ПРМ визначають не лише показник КП або в загальному випадку заряду ("charge demand"), а безпосередньо сам  $\zeta$ -потенціал волокон ("zeta potential"). Обидві техніки доповнюють один одного, а інформація, отримана за допомогою обох методів, цінніша для передбачення дії хімічних реагентів, ніж інформація, отримана тільки по одному з них. Поверхневі електрохімічні явища позначаються на усіх процесах підготовки паперової маси, а також на формуванні макроструктури паперового полотна і на кінцевих властивостях товарного продукту [11].

За  $\zeta$ -потенціалом, близькому до нуля, найчастіше спостерігається максимальне утримання паперової маси, при цьому також повинне покращуватися обезводнення (зниження показника КП також сприяє посиленню водовіддачі за рахунок підвищення ефективності роботи катіонних хімічних реагентів). Краще видалення води збільшує сухість полотна на гауч-валу, що дозволяє підвищити швидкість машини, її продуктивність і скоротити витрату пари на сушку. Оптимізація  $\zeta$ -потенціалу і зниження показника КП покращує проклеювання, утримання дрібного волокна і наповнювача, покращує просвіт паперового полотна, скорочує вміст зважених речовин в оборотній воді, це знижує слизоутворення і навантаження на очисні споруди. Чим вище за

абсолютним значенням  $\zeta$ -потенціал, тим сильніше частки відштовхуються один від одного і тим менше вони мають схильність до утворення пластівців. Оскільки утворення пластівців є основним процесом при відливі паперового полотна, то очевидно, що для забезпечення оптимального режиму формування паперового полотна і отримання максимального утримання компонентів маси необхідно довести масу, що подається на сітку, до ізоелектричної точки. Існує кореляція між коливаннями  $\zeta$ -потенціалу в напірному ящику і швидкістю ПРМ : чим вище коливання, тим нижче швидкість. Для зниження цієї варіативної визначають і регулюють електрокінетичні характеристики паперової маси в композиції напірного ящика.

Таким чином, аналізуючи  $\zeta$ -потенціал і показник КП при підготовці паперової маси, можна вирішити наступні технологічні завдання [11]: визначити оптимальне дозування функціональних, або процесних хімікатів; поліпшити обезводнення на сітці і підвищити швидкість КРМ; понизити витрату пари в сушильній частині; понизити каламутність оборотної води; налагодити контроль смільних відкладень; оптимізувати розподіл волокнистої дрібниці і наповнювача в  $z$  напрямі, підвищити опір вищипуванню і поліпшити друкарські властивості; підвищити стабільність властивостей отриманого паперу (картону); істотно понизити БПК; оптимізувати процес фарбування і підфарбування; підвищити утримання клею АКД, а також поліпшити рівномірність проклеювання; підвищити ефективність крепування санітарно-гігієнічних видів паперу; понизити піно- і слизьоутворення; підвищити стійкість до старіння і поліпшити діелектричні властивості паперу.

Знання про електроповерхневі явища гідросуспензій рослинних волокон може допомогти виявляти і підтримувати сприятливі умови протікання основних технологічних процесів при підготовці паперової маси [11].

Із зростанням хімічної однорідності волокнистого матеріалу в незалежності від концентрації електроліту, спостерігається підвищення електронегативності

мембрани, в т.ч. і при вимірах при вимірах на приладах типу Magendans (табл. 1.1) [11].

Таблиця 1.1 – Значення  $\zeta$ -потенціалу за Magendas для волокнистих напівфабрикатів із різних видів рослинних волокон

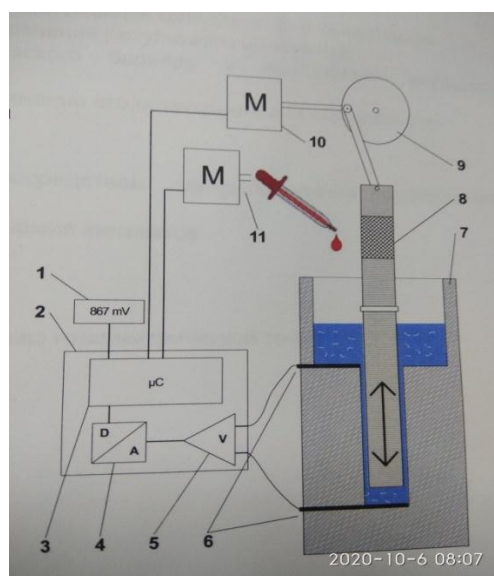
Вид волокна	$\zeta$ -потенціал, мВ	Питома провідність, $\chi$ , мСм/см
для $\sim 0,002$ н. NaCl		
Лінтер	-103,6	0,217
ЦСФИБ–целюлоза сульфатна хвойна вибілена	-53,5	0,203
ЦСФАЛ– целюлоза сульфатна листяна	-50,4	0,229
ЦСФАХБ – целюлоза сульфатна хвойна вибілена	-45,5	0,150
ЦСФАХ– целюлоза сульфатна хвойна	-45,4	0,186
БХТММ – (вибілена) хімікотермомеханічна маса	-44,8	0,226
ХТММ – хімікотермомеханічна маса	-43,7	
ЦСФИ– целюлозна сульфатна хвойна	-43,6	0,180
БДДМ– (вибілена) дефібрерна деревна маса	-34,9	
ДДМ– дефібрерна деревна маса	-26,7	
Макулатура МС5Б	$\sim - 14$	$\sim 0,3$

Зниження величини  $\zeta$ -потенціалу триває з ростом провідності.

Виникнення електрокінетичних явищ пов'язане з наявністю спеціального просторового розділення зарядів поблизу поверхні розділу фаз і з протилежністю знаків заряду твердої фази і рідини. Як правило, введення електролітів викликає зменшення інтенсивності прояву цих ефектів. Іноді введення електролітів (та поліелектролітів) призводить до зміни напрямку руху фаз і знаку виникаючих потенціалів. Це явище пов'язане з "перезарядкою" поверхні.

Електрокінетичний метод визначення величини катіонної потреби здійснюється за допомогою аналізатора заряду частинок типу SCD. За допомогою таких приладів можна визначати щільність заряду поліелектролітів, підбирати ефективне дозування коагулянту і флокулянта і здійснювати їх автоматичний контроль, визначати ізоелектричної точки колоїдних золів кислотного основним титруванням. Використання таких приладів підвищує рівень автоматизації виробництва і усуває людський фактор.

Для визначення показників потенціалу протікання та катіонної потреби використовували аналізатор заряду частинок CAS (Charge Analyzing System), схема якого наведена на рис. 1.1.



1 дисплей; 2 – електронний блок; 3 мікроконтролер; 4 АЦП; 5 високочутливий підсилювач; 6 – металічні електроди; 7 – вимірювальна комірка; 8 плунжер; 9 кривошип; 10 – двигун; 11 дозуючий насос

Рисунок 1.1 – Схема аналізатору заряду частинок CAS

Принцип вимірювання показників потенціалу полягає у наступному. Центральними елементами вимірювальної системи є вимірювальна комірка (7), виготовлена з синтетичного матеріалу та ініціюючий плунжер (8). Якщо внутрішній простір комірки заповнений зразком з рідким розчином, тоді колоїдні часточки будуть абсорбуватися на поверхнях комірки та ініціюючий плунжеру під дією сил Ван-дер-Ваальса, в той час як їх протиіони залишаться рухомими навколо них, утворюючи дифузну хмару. Мікроконтролер (3), що знаходиться в

електронному блоці (2), керує двигуном (10), який приводить до руху кривошип (9), який в свою чергу переміщує плунжер (8) з постійною частотою. У вузькому зазорі між поверхнею плунжера та стінкою вимірювальної комірки з'являється інтенсивний потік рідкої фази. При цьому дифузний шар рухомих протиіонів порушується. Потенціал протікання, що виникає за цим процесом, вимірюється за допомогою прецезійних металічних електродів (6), та передається на високочутливий підсилювач (5) і далі на АЦП (4). Після цього, цифровий сигнал обробляється мікроконтроллером (2) та відображається на дисплеї (1), цей сигнал також приводить в рух дозуючий насос (11), який враховує параметри титрування.

Загальний порядок роботи полягає у наступному: отримують фільтрат шляхом поділу волокнистої маси за допомогою металевого сита або центрифугуванням, потім 1 або 10 см<sup>3</sup> переносять в вимірювальну комірку 7. Акуратно встановлюють в вимірювальну комірку плунжер 8 і включають прилад в мережу. На дисплеї 1 відразу ж починає відбиватися потенціал протікання (мВ) і характер середовища (катіонний; аніонний). Через хвилину стабілізації потенціалу прилад починає автоматично дозувати титрант до точки еквівалентності. Величину показника КП беруть як середнє двох вимірів. Після кожного випробування осередок ретельно очищають щіткою і очищує розчином (вода / КВг + ацетон 125/50/50) і ополіскують дистильованою водою [12].

Для технологічного контролю, в процесі проведення випробувань в однакових умовах, цілком досить просто враховувати зміну потенціалу без урахування його абсолютної величини. Таким чином, обговорюючи значення  $\zeta$ потенціалу волокнистого напівфабрикату, отриманого методом потенціалу протікання на приладі Magendans, досить визначити його зміну під дією різного роду чинників без урахування абсолютних величин. По зміні  $\zeta$ потенціала можна судити про глибину і стабільність протікання основних технологічних процесів, пов'язаних з отриманням волокнистого напівфабрикату і його підготовки для подальшого виготовлення паперу.



### **1.3 Інновації, що пропонується внести в існуючий технологічний потік виробництва картону тарного макулатурного вологоміцного**

Для досягнення поставленої мети – покращення фізико-механічних показників картону, збереження якісних показників картону у вологому стані, збільшення продуктивності КРМ, необхідно застосовувати в технологічному потоці обладнання з більш високими технічними характеристиками, використовувати в композиції волокна зміцнюючі хімічні реагенти та визначити їх оптимальну витрату. Для цього в магістерській роботі пропонується внести наступні інновації:

1. Замінити гідророзбивачі ST7 на вузол розволокнення TwinPulp фірми Voith. Вузол складається з гідророзбивача типу UniPulperTM, апарату типу JunkomatTM JM для відділення великих важких домішок, дефлокулятора типу ContaminexTM CM, сортувального барабану типу STR, жгутовитаскувача типу ZW і жгуторізки типу ZS. Продуктивність даного вузла становить від 200 до 1000 т /добу, при концентрації маси 4,5 % [13]. Обсяг ванни гідророзбивача становить від 25 м<sup>3</sup> до 130 м<sup>3</sup> [13].

Перевагами даного вузла розволокнення макулатури є:

- підвищена продуктивність гідророзбивача за рахунок зниження тривалості операції при видаленні нерозволокнених пучків і великих домішок;
- кількість відходів не більше 3 %;
- використання дефлокулятора типу ContaminexTM CM дозволяє виключити з технологічної схеми насос для транспортування відходів розволокнення [13].

2. Для поліпшення грубого очищення макулатурної маси встановити сортувалки ModuScreen CR фірми Andritz, які забезпечують сортування макулатурної маси за мінімальною втратою волокон із відходами. Дана сортувалка використовується на вузлі грубого сортування макулатурної маси. Обертаюче циліндричне сито сортувалки забезпечує щадні умови сортування макулатурної маси при низькому споживанню енергії та мінімальні втрати

волокна з відходами. Конструкція сортувалки (рис. 1.2) дозволяє крім сортування одночасно видаляти важкі і легкі домішки з макулатурної маси.

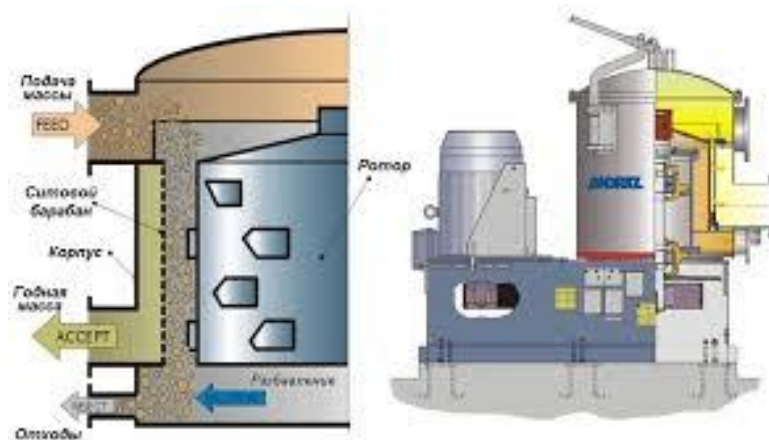


Рис. 1.2 - Сортувалка ModuScreen CR [14]

Застосування даної конструкції дозволяє уникнути пошкодження сита і ротора та збільшити термін їх експлуатації. Особливість конструкції сортування полягає в тому, що важкі частинки домішок і липкі речовини видаляються у верхній частині корпусу сортувалки і не надходять в зону сортування – в зазор між ротором і ситом [14].

3. Для покращення процесу розмелювання макулатурної маси пропонується замінити дисковий млин МД24 на більш ефективний конічний млин PARASON MACHINERY (рис. 1.3).

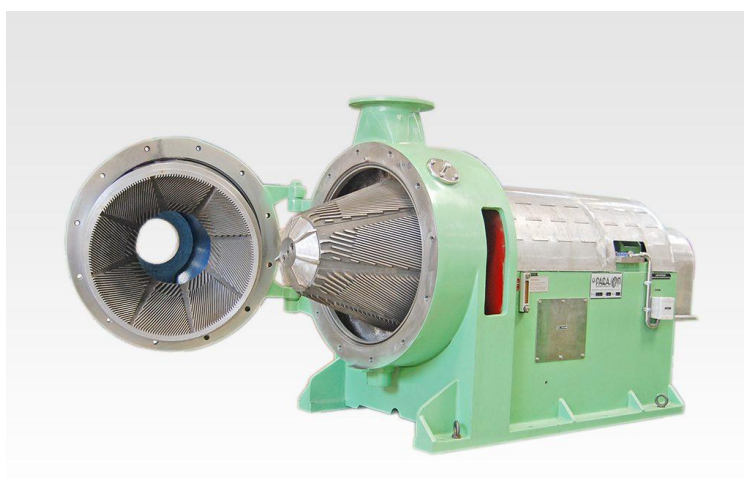


Рис. 1.3 - Конічний млин PARASON MACHINER [15]

Конічний рафінер PARASON MACHINERY є модифікованим конічним млином, який виготовлено для збільшення сполучної здатності волокон, щоб мінімізувати різницю садкості на вході і виході та знизити вкорочення довжини волокон при низькому споживанні електроенергії і простому технічному обслуговуванні [15].

4. У пресовій частині КРМ замінити комбіпрес на башмачний прес Single NipcoFlex. Даний прес дозволяє збільшити зону пресування та збільшити сухість картонного полотна, не збільшуючи при цьому допустиме питоме навантаження на полотно картону [13]. Вирішальна технологічна перевага сучасних башмачних пресів – це їх високий імпульс для пресування картону. Комбінація довготривалого часу перебування картону в зоні притиску та оптимальному градієнті тиску забезпечують максимальну виробничу потужність на найвищому рівні якості. Основними перевагами пресу Single NipcoFlex є [13]:

- збільшення сухості картонного полотна після пресової частини (досягнення значень 50–55 %);
- зниження споживання пари на тонну продукції,
- підвищення продуктивності КРМ з обмеженою продуктивністю сушильної частини;
- збільшення питомої виробничої норми;
- мінімізація питомих витрат на енергію та виробництво;
- зниження обривності паперового полотна, найвища швидкість внаслідок поліпшення міцності картону;
- високий сухий вміст завдяки ефективному зневодненню;
- мінімальна, рівномірна вологість профілю полотна картону;
- простий, надійний контроль та висока пропускна спроможність.

5. Заміна багатоциліндрової формуючої частини на формувальний пристрій на основі плоскої сітки, що дозволить підвищити продуктивність виробництва картону та покращити якість готової продукції за рахунок кращого формування

картонного полотна. Багатошарове формування на плоскіткових формуючих пристроях дозволить раціонально вирішувати такі технічні завдання:

- можливість зниження концентрації маси в напускному пристрої;
- підвищення ступеня млива волокна для роботи в оптимальній зоні міцності;
- плавне зневоднення кожного шару за одночасного зростання сухості в кінці формування;
- підвищення швидкості і продуктивності КРМ;
- можливість зміни складу по волокну в окремих шарах з метою здешевлення композиції із збереженням гарного зовнішнього вигляду картону і високих характеристик механічної міцності;
- підвищувати якість картону за умов збереження тієї ж продуктивності, отримувати картон вищих марок за рахунок високоякісного формування елементарних шарів [13].

6. Для покращення вологоміцності картону використовувати в композиції макулатурної маси дисперсію на основі АКД – алкілкетендимеру. Вологоміцність, або міцність паперу, який знаходиться у вологому стані, є важливою властивістю не тільки спеціальних видів паперу, які за споживчим використанням або переробці піддаються зволоженню та не повинні при цьому рватися. Одним із суттєвих недоліків картону є слабка вологоміцність, що зменшує його споживчу цінність. Досвід зарубіжних країн показує, що саме використання тари з вологостійкого гофрокартону і картону із захисними властивостями найбільш ефективно, оскільки при цьому значно розширюється сфера застосування і забезпечується економне витрачання ресурсів на тару.

Зменшення впливу вологи на міцність упаковки може бути досягнута запобіганням проникнення вологи у структуру пакувального матеріалу шляхом надання йому гідрофобності, а також створення умов, що перешкоджають проникненню вологи в пакувальний матеріал, шляхом надання йому вологоміцності.

В першому випадку надання вологовідштовхувальних властивостей знижує змочування зовнішньої поверхні упаковки, що досягається підбором відповідної композиції паперу або картону за волокном, імпрегнуванням паперу та картону, нанесенням відповідного покриття. В другому випадку достатня міцність паперу або картону у вологому стані досягається шляхом додавання в паперову масу мела міноформальдегідної смоли [10].

Найбільш ефективним способом вирішення питання вологостійкості є проклейка в масі на папероробній або картоноробній машині, коли речовини вводяться в паперову масу. Проклейка в масі здійснюється введенням розчину в волокнисту суспензію, що знаходиться в басейні. При цьому проклеюючі речовини розподіляються по всій товщині паперу [9].

Поняття проклеювання це здатність паперу та картону чинити опір змочуванню, вбирності та абсорбції різноманітних рідин, які відрізняються своїми фізичними характеристиками та хімічними властивостями. Існує два методи проклеювання: в масі та поверхневе.

Проклеювання картону залежить від багатьох факторів, зокрема від якості клею, порядку введення в паперову масу хімікатів, рН середовища, співвідношення витрат реагентів, якості промислової води, температури маси, режимів відливу, пресування, сушіння та каландрування паперу і картону [9].

Для проклеювання в масу застосовують три основні типи речовин: каніфольний клей, АКД та АСА, модифовані крохмали [9].

Використання гідрофобізуючих клеючих речовин на основі алкілкетенових димерів або АКД призводить до одночасного зростання гідрофобності картону та міцності в умовах вологості. Додавання АКД може забезпечити картону достатню стійкість до дії рідин.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Вимоги до сировини та готової продукції

Для виготовлення картону тарного макулатурного вологоміцного використовують 100% макулатуру групи А, макулатуру з високими паперотворними властивостями та групи Б, макулатуру з середніми паперотворними властивостями. Для поверхневого шару використовують макулатуру марок МС5Б2 та МС5Б3, для нижнього – МС5Б2, МС5Б3 та МС4А. Згідно з ДСТУ 3500:2019 макулатура марки МС5Б2 складається з відходів виробництва та перероблення гофрованого картону різного сировинного складу та гофротари, яка не була у використанні. Макулатура марки МС5Б3 це гофрокартон та гофротара всіх видів з друком та без нього після використання. МС4А – мішки паперовологоміцні та невологоміцні (без бітумного просочування, прошарку і армованих шарів) та пакети із небіленої целюлози, що не були у використанні [16].

**Клесва дисперсія на основі алкілкетендимеру AKD KV 150 HP** є агентом для проклеювання. AKD KV 150 HP є тонко дисперсною дисперсією з катіонним зарядом. Даний продукт використовується для проклеювання паперу та картону у нейтральному або лужному середовищі. Основні властивості AKD KV 150 HP наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Основні властивості AKD KV 150 HP

Показник	Значення
Колір	Молочно-білий
Вміст сухих речовин, %	18,7±1,0
pH дисперсії	3,0 – 4,5

AKD KV 150 HP зазвичай додається на пізніх стадіях підготовки маси, наприклад, на вхід змішувального насосу, після машинного басейна або пізніше, там, де можливе добре перемішування та адсорбція часточок клею на целюлозних волокнах. Дисперсія може не розбавлятися перед додаванням її у масу, оскільки це прискорює гідроліз.

AKD KV 150 HP зазвичай використовується за pH 6,8 – 8,5. Має важливе значення, щоб pH у мокрій частині був більше 6,5. Максимальна ефективність проклеювання, досягається тільки за високим первинним утриманням у мокрій частині.

Постачається у вигляді, готовому для використання. AKD KV 150 HP повинен зберігатися у ємностях з нержавіючої сталі, кисло стійкої сталі, поліестрі посиленням скловолокном, поліетилені та інших підходящих пластмас. Продукт повинен зберігатися за температурою від +5<sup>0</sup> С до +25<sup>0</sup> С. Заморожування призводить до псуванню продукту.

**Поліамідоамінепіхлоргідринова смола (PAE) FennoStrength PA 21** призначена для збільшення міцності картону у вологому стані. Основні властивості FennoStrength PA 21 наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Основні властивості FennoStrength PA 21

Показник	Значення
Зовнішній вигляд	коричневий, злегка в'язкий водний розчин смоли ПАЕ
Густина, кг/м <sup>3</sup>	1,07
pH	3±0,5
Вміст сухих речовин, %	20,6-21,4
В'язкість Brookfield, за 25 °С, мПа*с	50200
Термін зберігання при температурі +425 <sup>0</sup> С	Не менше 2 місяці

FennoStrength PA 21 використовується для збільшення міцності картону у вологому стані.

**Високомолекулярний водорозчинний полімерізат для утримання волокон Polymín SK** – високомолекулярний водорозчинний полімерізат для виготовлення паперу, картону та упаковки. Polymín SK дозволяє значно підвищити утримання волокон і наповнювачів на сітці картоноробної машини в діапазоні рН від 4,0 до 7,5 і одночасно прискорити зневоднення маси, що призводить до зростання продуктивності. Виходячи з цього, даний продукт рекомендується використовувати, перш за все, для паперових мас з поганим зневодненням, що містять деревину і/або макулатуру.

Застосування Polymín SK не викликає проблем. Його додавання в паперову масу або стічні води відбувається безперервно. Нерозбавлений продукт подається дозуючим насосом в змішувач Lusar або статичний змішувач і при цьому безперервно розбавляється до необхідної концентрації 0,1–0,5%. Такий ступінь розведення речовини необхідна для швидкого змішування продукту з паперовою масою або стічними водами. Термін зберігання 12 місяців в щільно закритих контейнерах при температурі нижче +35 °С.

**Реагент, що надає міцність паперу в сухому стані Zelorex RS 1200** – високомолекулярний полівініламін, який використовують в якості реагента, що надає міцність в сухому стані, який особливо ефективний при використанні для паперу, виготовленого в нейтральному середовищі. Zelorex RS 1200 розчинний у воді, не дивлячись на високу молекулярну масу. Його висока катіоногенність сприяє його адсорбції на хімічній целюлозі. Залежно від необхідного ступеня міцності в сухому стані його зазвичай додають у масу в дозах від 0,2% до 4% в розрахунку на висушену в печі масу. Корисним побічним ефектом є те, що в більшості випадків він покращує утримування наповнювача і сприяє зневодненню. Zelorex RS 1200 зазвичай використовується самотійно, але для підвищення міцності в сухому стані в комбінації з Zelorex RS 1200 можна використовувати з аніоногенними речовинами, такі як карбоксиметилцеллюлозою і поліакриламідом. Продукт Zelorex RS 1200 слід зберігати у щільно закритих



ємностях за температурою нижче + 35 °С. Основні властивості Polymin SK та Zelorex RS 1200 наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Основні властивості Polymin SK та Zelorex RS 1200

Показник	Значення	
	Polymin SK	Zelorex RS 1200
Вміст нелетких компонентів,%	біля 24,5 (ISO 3251, частина 1, ІРсушка, 2 г, 130 ° С, 2 год)	17,019,0 (ISO 2555, частина 1, 1 г, 120°С, 2 год)
В'язкість, мПа*сек. ISO 2555, тип RVT, 20 ° С, Sp.2, 20 об / хв.	750	5002500
Рівень рН	8,3	7,09,0
Густина, кг/см <sup>3</sup>	1060	1080
Іонний характер	катіонний	
Розчинність	Легко розчиняється в холодній воді в будь- якій пропорції	Змішується з водою в різних співвідношеннях
Температура заморожування	5 °С	-

**Крохмаль модифікований** має задовільняти вимогам стандарту ДСТУ 4380:2005 [17]. Цей стандарт поширюється на модифікований крохмаль, призначений для використання у виробництві картону та паперу. Цей стандарт поширюється на модифікований крохмаль — крохмаль, одержаний внаслідок фізичного, хімічного, біохімічного або комбінованого оброблення нативного крохмалю для зміни його властивостей. Основні властивості крохмалю модифікованого наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Фізико-хімічні показники крохмалю модифікованого

Назва показника	Норма для марки
	Окиснений та гідролізований
Масова частка вологи, % для зернового для картопляного	14,0 не більше 17,0-20,0
Масова частка золи, % для зернового для картопляного	0,3 не більше 0,4 не більше
Умовна в'язкість водного крохмального клейстеру з масовою часткою крохмалю, с: 6% для зернового 8% для картопляного	20,0-35,0 35,0-40,0
Величина рН	4,8-7,5

Модифікований крохмаль застосовують для технічних цілей в паперовій промисловості. Модифікований крохмаль повинен відповідати вимогам цього стандарту, чинним нормативним документам на конкретний вид модифікованого крохмалю і його треба виробляти згідно з технологічною інструкцією по виробництву конкретного виду модифікованого крохмалю, затвердженою у встановленому порядку, з дотриманням санітарних норм і правил, затверджених центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я.

**Гідроксихлорид алюмінія «ПОЛВАК 40/68/80»** згідно із ТУ У 19155069.001 – 99 [18] використовується як коагулянт для підготовки води господарсько-питного призначення, очищення побутових і промислових стоків, а також у технологічних процесах у паперовій, текстильній та інших галузях промисловості. Полвак являє собою водний розчин гідроксихлорида алюмінію і має характеристики, надані в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристика розчинів гідроксихлоридів алюмінію різного ступеня основності

Найменування показника	Норма		
	Полвак40	Полвак68	Полвак80
Зовнішній вигляд	зеленувато-жовта рідина, допускається наявність інших відтінків і каламуть		
Масова частка основної речовини в перерахуванні на $Al_2O_3$ , %, не менше	15	10	10
Відносна основність, %	35 – 45	65 – 72	74 – 80
Щільність при 20 °C, г/см <sup>3</sup>	1,23 – 1,40		
Масова частка нерозчинного у воді залишку, %, не більше	0,3		
Масова частка хлоридів, %	5 – 20		

Масова частка домішок Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, As, Mo, Se, Sr, Hg, Cd, Ni, Cr, Sn у воді при застосуванні коагулянту, відповідає вимогам ГОСТ 2874 – 82. Полвак використовується у вигляді робочого розчину. У деяких випадках (наприклад, кондиціонування осадів стічних вод або концентрованих промислових стоків) Полвак може застосовуватись у вигляді товарного продукту без розведення. Відвантаження коагулянту здійснюється залізничним транспортом – у цистернах або в контейнерах у критих вагонах, а також автомобільним транспортом – у контейнерах. Полвак повинен зберігатися в місткостях з корозійностійких матеріалів при температурі від –18 °C до +40 °C. Гарантійний термін зберігання – 6 місяців.

**Водна дисперсія стиренакрилатного полімеру FennoSize S C28** призначена для проклеювання паперу та картону – водна дисперсія стиренакрилатного полімеру. FennoSize S C28 використовується для поверхневого проклеювання пакувальних видів паперу та картону, які вироблені з макулатурної сировини.

Може використовуватися в звичайному клеїльному пресі або плівковому клеїльному пресі. Звичайної температури сушільної частини ПРМ достатньо для розвитку повного проклеювання. Продукт може використовуватися з крохмальними розчинами низької та середньої в'язкості. FennoSize S C28 дозується періодично або безперервно до циркуляції клеїльного пресу. Продукт використовується за рН від 3 до 8. Рекомендовано перевірити сумісність FennoSize S C28 з іншими добавками, які використовуються на клеїльному пресі.

**Коричневий барвник Astra Brown Y liquid 05** призначений для забарвлення різних видів картону, що виготовляється з макулатури. Барвник сумісний з волокном, що містить лігнін. Рекомендовано для проклеєних і не проклеєних видів паперу, що містить деревну масу або макулатурне волокно. Основні властивості дисперсії FennoSize S C28 та барвника Astra Brown Y liquid надані в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 - Основні властивості дисперсії FennoSize S C28 та барвника Astra Brown Y liquid

Показник	Значення	
	FennoSize S C28	Astra Brown Y liquid
Вміст активного, %	2931	
рН	2,5 – 4,5	3,04,0
Густина, кг/м <sup>3</sup>	1000 – 1060	10601120
В'язкість, мПа*с	<100	<50

Показники якості картону тарного макулатурного повинні відповідати нормам ТУ У 21.105509659026:2005 Картон тарний макулатурний [19]. Показники якості картону марки КТУ-ВП наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Показники якості картону тарного макулатурного марки КТУ-ВП

Назва показника	Норма для марки				Методи контролювання
	КТУ-ВП				
1 Маса картону площею 1м <sup>2</sup> ,г	112±6	125±6	140±8	175±12	Згідно з ДСТУ2297 (ГОСТ 13199) ДСТУ EN ISO 536
2 Абсолютний опір продавлюванню, BST,кПа, не менше	260	290	340	380	Згідно з ДСТУ ISO 2759
3 Поверхнева вбирність води під час однобічного змочування картону площею 1 м2 ,г: (Кобб <sub>1800</sub> ) поверхневий шар, не більше (Кобб <sub>60</sub> ) нижний шар, не більше	100 45	100 45	100 45	100 45	Згідно з ДСТУ 3549 (ГОСТ 12605) ( ISO 535) ДСТУ EN ISO 535
4 Зусилля стиснення на короткій відстані поперечному напрямі, SCT, кН/м, не менше	1,7	1,9	2,1	2,8	Згідно з ISO 9895 [2] та 5.10 цих технічних умов
5 Індекс SCT мінімальний, Н·м/г	15,2		15,0	16,0	
6 Вологоміцність картону (20 хв), ширина смужки 15 мм,% не менше	6,0				ДСТУ ISO 3781
7 Вологість,%	6,09,0				Згідно з ГОСТ 13525.19, ДСТУ EN ISO 287

## 2.2 Дослідження впливу витрат дисперсії АКД на показники якості картону тарного макулатурного вологомічного

У лабораторних умовах ПрАТ «ККПК» проведені дослідження з метою вивчення можливості застосування дисперсії АКД для виробництва вологомічного картону. Порядок проведення досліджень з використання АКД у виробництві картону тарного вологомічного марки КТУ-ВП-140 був наступний:

1. Відбір волокнистої маси.
2. Послідовність дозування реагентів у волокнисту масу: реагент для утримання / зневоднення волокнистої маси → речовина, що збільшує показники жорсткості картону → реагент для утримання / зневоднення волокнистої маси → дисперсія АКД → реагент для вологомічності.
3. Виготовлення лабораторних відливок картону масою, що відповідає масі 1 м<sup>2</sup> 140 г.
4. Випробування фізико-механічних показників лабораторних зразків.

Вплив витрат дисперсії АКД на показники потенціалу протікання, катіонної потреби та значення рН макулатурної маси наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 - Вплив витрат дисперсії АКД на показники макулатурної маси

№ варіанту	Витрати АКД кг/т а.с.в.	рН	Потенціал протікання, МВ	Катіонна потреба, мкЭкв/дм <sup>3</sup>
1	0	8,4	- 111	107
2	2,1	8,2	- 107	83
3	2,6	8,1	- 106	87
4	3,0	8,3	- 81	85
5	3,6	8,2	- 72	78

Вплив значення рН волокнистої маси дуже великий. Збільшення рН посилює реакцію кетендимера з волокнистою масою. Але треба відмітити, що якщо значення рН вище 9,0 то це приводить до взаємодії димера з водою і в результаті утворюється кетон, який перешкоджає процесу проклеювання. Таким чином, високе значення рН може привести до зменшення міцності паперу/картону. Стандартне значення рН в процесі виробництва паперу/картону в нейтральному середовищі є 7,5...8,5 [9]. З наведених у табл. 2.8 даних видно, що за різних витрат дисперсії АКД значення рН волокнистої маси знаходяться на одному рівні та відповідають стандартному значенню. Рослинні волокна контактують з полярними рідинами та утворюється  $\zeta$ -потенціал, а також міра вмісту інтерферуючих речовин у волокнистому напівфабрикаті – показник катіонної потреби, та характер змінення цих параметрів в процесі масопідготовки визначають ступінь взаємодії рослинних волокон між собою та з хімічними допоміжними речовинами в сучасних системах зневоднення /утримання [9].

З наведених в табл. 2.8 даних видно, що з додаванням електроліту відбувається зниження потенціалу протікання системи. Величина показника катіонної потреби та характер його змінення багато в чому визначають ефективність дозування хімічних реагентів. Це важливий параметр при використанні макулатури. В макулатурній масі вміст негативно заряджених компонентів високий і це призводить до погіршення процесів утримання/зневоднення волокнистої маси, збільшення вмісту завислих речовин в підсітковій воді, збільшенню коливань вологості в паперовому полотні. Показник катіонної потреби показує об'єм поліелектролітів, що споживається при зворотньому титруванні фільтрату до досягнення точки еквівалентності [9]. За даними табл. 2.8 також видно, що за збільшенням витрат дисперсії АКД значення показника катіонної потреби зменшується, що свідчить про зменшення активності аніонних забруднень в потоці. Залежність фізико–

механічних показників лабораторних відливок картону від витрати АКД наведено в табл. 2.9 і на рис. 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.9 – Залежність фізико–механічних показників лабораторних відливок картону від витрати АКД

№ з/п	Витрата АКД, кг/т а.с.в.	Маса 1 м <sup>2</sup> , г	Товщина, мкм	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Індекс SCT, Н*м/г	Р.З*. в сухому стані., Н	Р.З. у волог. стані., Н
1	0	136	204	0,667	30,7	48,0	2,5
2	2,1	131	201	0,652	29,9	97,0	11,1
3	2,6	131	203	0,645	30,5	88,1	13,2
4	3,0	129	200	0,645	28,4	80,6	11,8
5	3,6	127	196	0,648	28,7	85,1	11,5
Вимоги стандарту [12]		132-148	Не норм.	Не норм.	Не м.15,0	Не норм.	Не норм.

\*- Р.З. – руйнівне зусилля

*Примітка: Підготовлені відливки випробували після попереднього проведення штучного дозрівання клею експрес-методом (10 хв., 105 °С).*

З наведених в табл.2.9 даних видно, що за збільшення витрат дисперсії АКД маса 1 м<sup>2</sup> лабораторних відливок зменшується та знаходиться на нижньому рівні норми за витратами АКД 2,1-2,6 кг/т а.с.в. Високі значення показника індексу SCT спостерігаємо за всіх витрат дослідного реагенту, але найбільше значення відмічено за витратою АКД – 2,6 кг/т а.с.в. Значення показника руйнівне зусилля в сухому стані оптимальне за витратою АКД – 2,1 кг/т а.с.в., зі збільшенням витрати бачимо повільне зниження. Значення показника руйнівне зусилля в вологому стані за витратою дисперсії АКД – 2,6 кг/т а.с.в. досягає максимального значення.

Як видно з рис. 2.1, значення показника поверхневої вбирності Кобб<sub>180</sub> за всіма витратами АКД одного рівня, а значення показника поверхневої вбирності Кобб<sub>1800</sub> за збільшення витрат АКД дещо зменшується та відповідають значенню



стандарту [19]. Як видно з рис. 2.2, значення показника вологомісності картону за витратою дисперсії АКД – 2,6 кг/т абс. сух. волокна досягає максимального значення. З подальшим збільшенням витрат дослідного реагенту значення показника вологомісності повільно зменшується. Значення показника вологомісності відповідає нормі за всіма витратами дисперсії АКД. На основі проведених досліджень було визначено оптимальну витрату дисперсії АКД – 2,6 кг/т а.с.в, яка впливає на показники якості картону тарного макулатурного вологомісного.

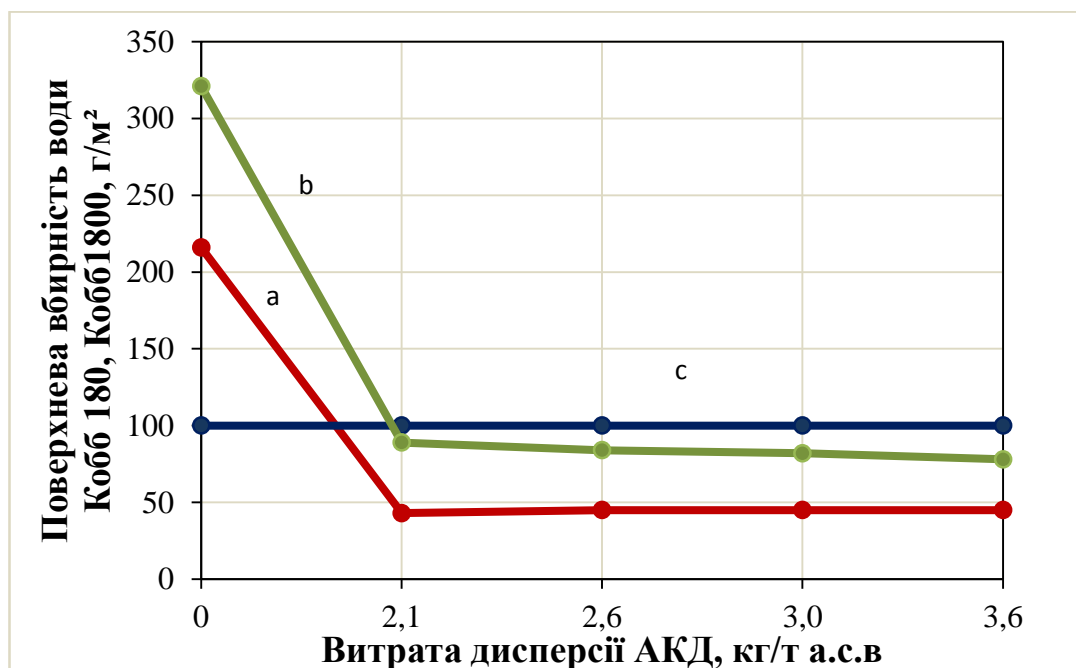


Рисунок 2.1- Залежність показників поверхневої вбирності води Кобб<sub>180</sub> (а) і Кобб<sub>1800</sub> (b) від витрат дисперсії АКД; (с) – вимоги стандарту ТУ У 21.105509659026:2005 [19] для показника поверхневої вбирності води Кобб<sub>1800</sub>

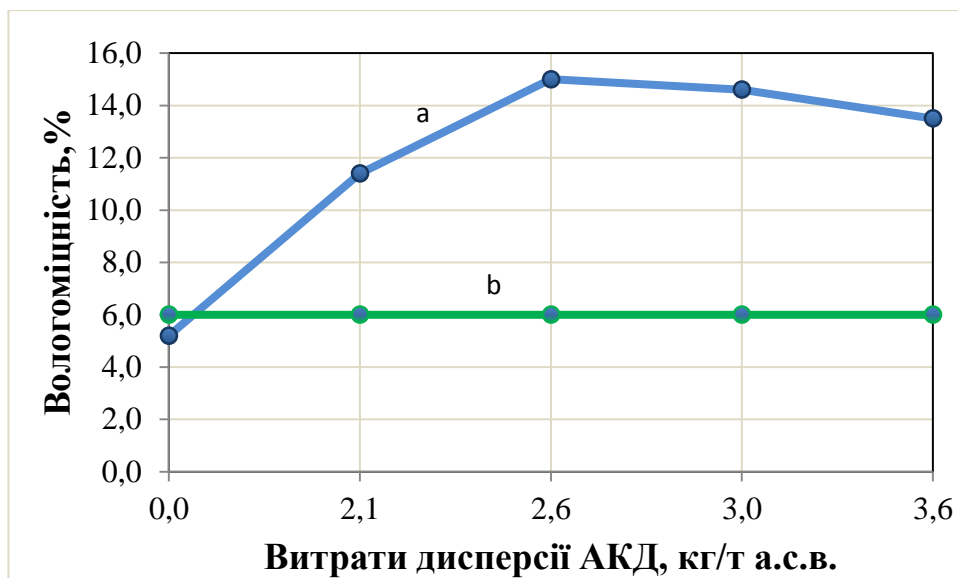


Рисунок 2.2 - Залежність вологомісності картону (а) від витрат АКД; (b) – вимоги стандарту [19]

## 2.3 Рекомендована технологічна схема виробництва картону тарного макулатурного вологомісного

Ціллю рекомендованих змін в наданій технологічній схемі є покращення якості картону тарного вологомісного. На основі проведених лабораторних досліджень та аналізу літературних даних розроблена технологічну схему виробництва картону тарного вологомісного, яка наведена на рис. 2.3.

### 2.3.1 Опис технологічної схеми виробництва картону тарного вологомісного для плоских шарів гофрокартону

Підготовка маси, для виробництва картону тарного вологомісного для плоских шарів гофрокартону, відбувається двома макулатурними потоками: потік поверхневого та потік нижнього шару.

**Потік поверхневого шару.** Кіпи макулатури марок MC5B2, MC5B3 транспортером подаються до гідророзбивача (1). Розволокнення маси відбувається за рахунок енергійного механічного перемішування волокна з водою за допомогою ротора. Використання ротора спеціальної конструкції забезпечує ефективність ведення розпуску та захищає сито від зносу.

Розволокнена макулатурна маса насосом подається з гідророзбивача на турбосепаратор – фібрайзер РВ 02 (2) для остаточного розволокнення маси і подальшого відділення з неї забруднень. У фібрайзері одночасно здійснюється очищення маси і додаткове розділення її на волокна. В середині фібрайзера знаходиться металеве сито, за допомогою якого відбувається сортування.

Маса, що не пройшла через отвори сита фібрайзера поступає в джанкомат (3), де відбувається відділення маси від твердих відходів. Відокремлена волокниста маса з відстійника поступає в промивний барабан (4), в якому відбувається промивання та зневоднення відходів, які направляються у відвал. Очищена маса з фібрайзера поступає в басейн розволокненої маси (5), об'ємом 600 м<sup>3</sup>, для регулювання концентрації подається зворотна вода зі збірника зворотної води.

З басейну маса з концентрацією 3,5 % надходить на вихрові очисники високої концентрації марки ОМ – 03 (6). Вихрові очисники під дією відцентрових сил відокремлюють включення що важчі за волокно. Після очищення на ОМ – 03, маса поступає на сортувалку типу C-bar™ S (7) . Грубе сортування проводиться для видалення грубодисперсних домішок за середньої концентрації макулатурної маси в щілинних сортувалках, що мають діаметр отворів сита 1,625 мм.

Очищена маса направляється в басейн очищеної маси (8), звідки надходить на конічний рафінер PARASON MACHINER (9). Продуктивність рафінера 450 а.с.т/добу. Концентрація маси на вході 3,5 %, підвищення підвищення ступеня мливу «вхід вихід» становить 8 °ШР.

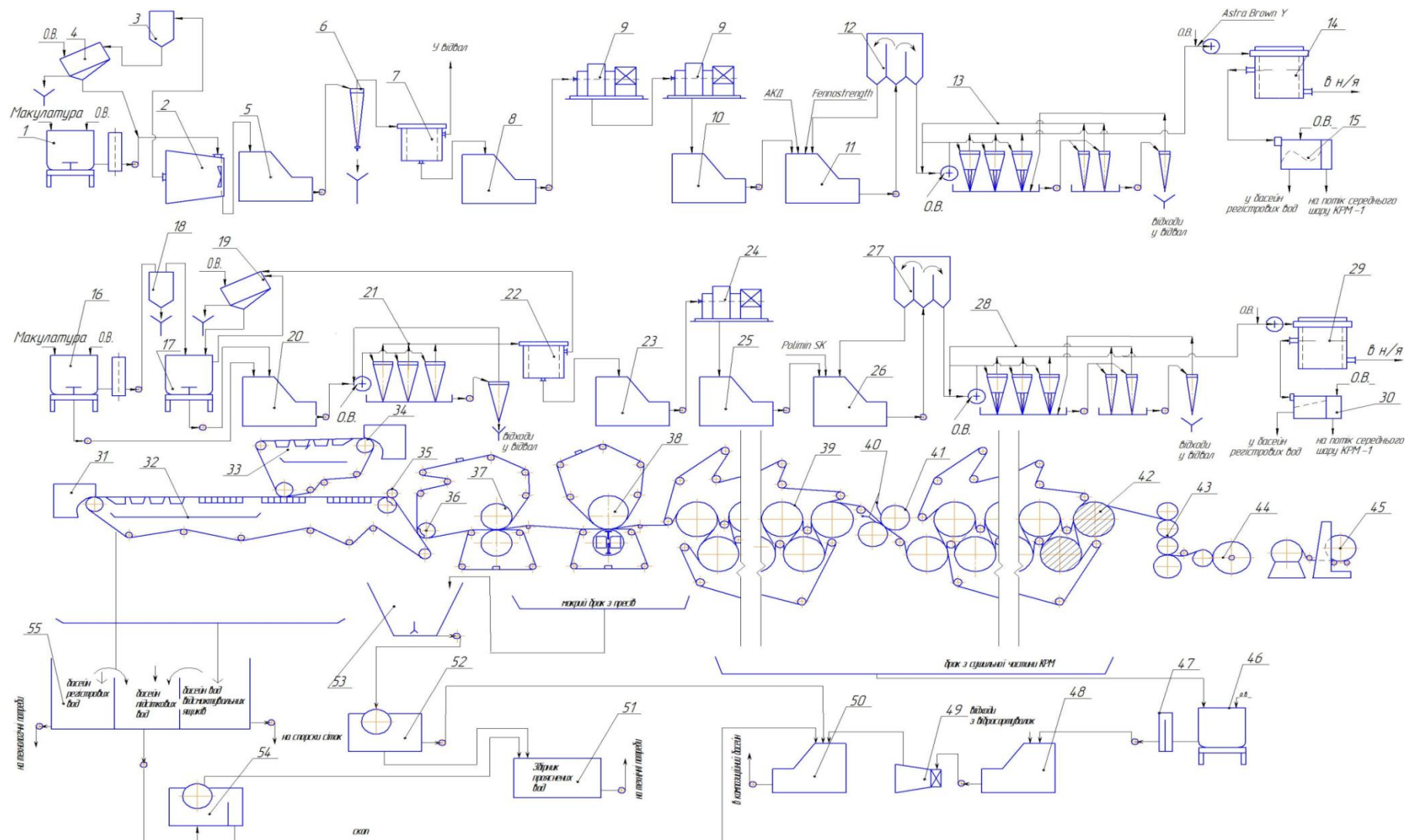


Рисунок 2.3 – Технологічна схема виробництва картону тарного вологоміцного

Після рафінера маса зі ступенем мливу 40 °ШР направляється в акамулюючий басейн (10), звідки в машинний басейн (11). В машинний басейн дозується смола Fenmostrength для надання картону міцності у вологому стані та АКД (алкілкетендимер) для посилення гідрофобності.

Маса з машинного басейну через бак постійного рівня (12), надходить на трьохступінчасту систему вихрового очищення середньої концентрації (13), перший ступінь оснащений очисниками Celleco Twister в кількості 48 штук (6 модулів по 8 очищувачів), де видаляються важкі частинки і пісок. Перед центреклинерами маса розбавляється обіговою водою в змішувальному насосі до концентрації 0,602 %, а потім подається на перший ступінь центреклинерів.

Трьохступенева установка очисників середньої концентрації «Celleco Twister». Максимальний тиск на вході 450 кПа, робочий перепад тиску на 1му ступені 150175 кПа. Перед 1м ступенем очищення маса розбавляється до концентрації 1,5 % надлишковою оборотною водою. Очищена маса з 2го ступеню поступає на вхід насоса 1го ступеня, а відходи надходять на 3тю ступінь очисників, концентрація маси перед 3тм ступенем 0,5 %, маса розбавляється світлою водою. У складі 3го ступеню очисників, знаходиться інтегрований модуль "Fibermizer 0/2" відходи з якого поступають на згущення на віддільник піску – седиматор і далі на транспортер видалення відходів, а відсортована маса – на змішувальний насос перед 2м ступенем.

Очищена на центриклинерах маса надходить на змішувальний насос де розбавляється до концентрації 0,456 % і на вхід якого подається фарба «Astra Brown Y» для докрашування верхнього шару картону, звідки перекачується на вузловловлювач закритого типу (14), де видаляються забруднення волокнистого характеру. Під дією відцентрових сил важкі включення відкидаються до зовнішньої стін корпусу, а потім відходять вниз в жолоб відходів. Очищена маса під дією напору проходить через отвори сит і подається в напірний ящик закритого типу (34), звідки на сітку КРМ (33). Відходи, які не пройшли через сито, відводяться вниз та поступають на плоску вібраційну сортувалку (15).

**Потік нижнього шару.** Кіпи макулатури марок MC5B2, MC5B3, MC4A попередньо звільняються від дроту та упаковки, а потім по транспортеру подаються в первинний гідророзбивач з об'ємом ванни  $70 \text{ м}^3$ . Завантаження кіп в гідророзбивач здійснюється пластинчатим транспортером з вагами, похибка системи зважування  $\pm 7 \%$  при навантаженні більше  $150 \text{ кг/м}$ .

Робота гідророзбивача безперервна, за концентрації  $3,5 \%$ , температура води, яка використовується для розпуску,  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ . Нагрів води здійснюється інжектуванням гострою парою  $P = 12 \text{ атм}$ .

Гідророзбивач оснащений джгутовитаскувачем і джгуторізкою, обертання ротора проти годинникової стрілки. Відрізаний джгут падає в контейнер і відвозиться навантажувачем у відвал. Маса, що не пройшла через отвори сита і містить тверді відходи, поступає в відстійник (18), де відбувається відділення маси від твердих відходів. Через каменевловлювач видаляються відходи, що пройшли через нижній штуцер, а більші видаляються грейфером крану через верхню кришку. Відокремлена волокниста маса разом з відстійника передається у вторинний гідророзбивач (17) з ванною об'ємом  $27 \text{ м}^3$ , де відбувається подальший розпуск та очищення маси. Легкі відходи, від гідророзбивача, що містять пінопласт, по шнеку передаються в промивний барабан (19), в якому відбувається промивання та зневоднення відходів, які направляються у відвал. Концентрація маси у вторинному гідророзбивачі  $1,77 \%$ .

Макулатурна маса, що пройшла через щілинне сито первинного та вторинного гідророзбивачів розміром  $3 \text{ мм}$ , насосом перекачується в приймальний буферний басейн (20). Концентрація маси у буферному басейні  $2,5 \%$ . З приймального басейну (20) місткістю  $600 \text{ м}^3$  маса подається на двохступенву установку очисників середньої концентрації (21), звідки маса поступає на сортувалку типу «TamScreen TS06» (22).

Очищена маса концентрацією  $3,5 \%$  поступає у басейн (23) і далі насосом подається на розмелювання на конічний рафінер PARASON MACHINER (24). Концентрація при розмелюванні  $3,5 \%$ .

Рафінер передбачений для надання за допомогою розмелювання макулатурної маси технологічних властивостей картону таких, як міцність.

Розмелена маса поступає в композиційний басейн (25) і далі в машинний басейн (26) нижнього шару КРМ 2, звідки подається у бак постійного рівня (27). В машинний басейн (26) дозується реагент Polymix SK, що дозволяє значно підвищити утримання волокон на сітці КРМ. Після цього маса поступає в змішувальний насос, де розбавляється оборотною водою до концентрації 0,7 %. Розведена маса насосом подається на очищення в установку зворотних клієнів «Slidex Bank 4» (28). Очищена маса після I ступеня спрямовується в вузловловлювач (29). Легкі відходи від вузловловлювача подаються на вібросортувальну (30), звідти волокно повертається в басейн реєстрових вод, а відходи направляються у відвал. Очищена маса після вузловловлювача (29), з концентрацією 0,6 % спрямовується в напірний ящик нижнього шару (31).

Усі басейни, що використовуються в потоці, оснащені перемішувачами пристроями. Рівень маси у ваннах гідророзбивачів і басейнах контролюється по датчиках рівня. Необхідна концентрація в усіх точках потоку підтримується за допомогою регуляторів концентрації. Управління потоком здійснюється системою контролю, управління і електроживлення устаткування.

**Картоноробна машина (КРМ)** складається з наступних частин: формувальна, пресова, сушильна частина, каландр і накат. Максимальна робоча швидкість КРМ – 700 м/хв.

**Формувальна частина КРМ** складається з двох плоскіткових формуючих пристроїв для формування поверхневого шару (33) та для формування нижнього шару (32), що забезпечують якісне формування елементарних шарів полотна картону. Передача поверхневого шару полотна на нижню формуючу сітку здійснюється через спеціальні пересмоктувальні ящики. Оборотна вода надходить в збірник реєстрової води. Частина води використовується для розбавлення маси в змішувальному насосі; поступає на розпускання макулатури та оборотного браку в гідророзбивачах.

Формування елементарного шару на плоскіткових формувальних пристроях відбувається шляхом виливу маси на плоску сітку звідки нижній шар зчіплюється з поверхневим шаром та передається в пресову частину картоноробної машини.

На сітковому столі здійснюється процес формування і зневоднення паперового полотна. Це один з найважливіших етапів виробництва, на якому полотно паперу втрачає велику частину вологи і, досягнувши сухості 12 %, подається в пресову частину.

**Пресова частина.** Основне призначення пресової частини картоноробної машини полягає в подальшому зневодненні картонного полотна і поліпшення якості його поверхні. В результаті пресування зростає міцність, щільність і сухість картону. Пресова частина включає:

- гауч-прес (36);
- прес з розширеною зоною пресування (37);
- прес з розширеною зоною пресування башмачного типу (38).

Картонне полотно, зневоднене у формувальній частині машини до сухості 12 %, направляється до гаучпреса, де полотно картону зневоднюється до сухості 20%. Після проходження гаучпреса, полотно картону подається в основну пресову частину.

При такому компонуванні перед першою вільною заправкою полотно картону має значну сухість – 40 % і механічну міцність, що виключає його обрив на вільній ділянці.

Після проходження пресової частини полотно картону, маючи сухість 55 % подається до сушильної частини.

**Сушильна частина машини.** Після пресової частини картонне полотно із сухістю 55 % надходить в сушильну частину (39) картоноробної машини, де видаляється залишкова волога за рахунок контактного сушіння. Сушильна частина картоноробної машини – двоярусна, циліндрового типу, складається з 93 сушильних і двох холодильних циліндрів діаметром 1500 мм. За приводом



сушильна частина складається з 8 груп: I приводна група включає 11 сушильних циліндрів, II – VII приводні групи – по 12 сушильних циліндрів кожна, VIII складається з 10 сушильних і 2 холодильних циліндрів.

Картонне полотно, що рухається, притискається до нагрітої поверхні циліндрів за допомогою сушильних синтетичних сіток, що покращують теплопередачу і запобігають коробленню і скручуванню картону при сушінні.

Між VI і VII приводними групами встановлений клеїльний прес (44). Картон поступає на клеїльний прес при сухості 91 %. Лінійний тиск між валами до 30 кН/м (кгс/см). Спорсками картон безперервно зрошується з поверхневого шару крохмальним клеєм, нагрітим до температури 4060 °С, і проходить через вали. Надлишок клею через воронку подається на вібросито, звідки поступає у бак крохмального клею, а потім насосом подається на спорскові труби. Для поверхневого проклеювання до клеїльного пресу подається водна дисперсія стиренакрилатного полімеру FennoSize S C28, для очищення стічної води коагулянт «Полвак».

Після клеїльного пресу картонне полотно, для уникнення утворення зморшок, рівномірно розправляється по ширині за допомогою розгінного валу і поступає в досушувальну частину з роздільною пароподачею верхніх і нижніх циліндрів. Роздільна пароподача дозволяє створити різну температуру у верхніх і нижніх циліндрах і тим самим вирівняти вологість поверхневого і нижнього шарів картону.

Для продування синтетичних сіток передбачені сіткопродувні камери. Найбільший (розрахунковий) робочий тиск пари в сушильних циліндрах  $P_{\text{надп.}} = 0,5 \text{ МПа (5 кгс/см}^2\text{)}$ .

Нерівномірна вологість шарів веде до скручування картону. У підсушувальній частині картон необхідно висушити до потрібної сухості 94 %. Різна вологість зовнішніх шарів може виникнути внаслідок порушення режиму сушіння на досушуванні.

Остаточнo картон охолоджується на 2х холодильних циліндрах (42), де зовнішні шари зволожуються на 12 % за рахунок вологи, сконденсованої на поверхні циліндрів. Зволоження зовнішніх шарів картону чи паперу сприяє підвищенню його гладкості при каландруванні, оскільки після сушіння картон є недостатньо еластичним.

Картонне полотно після сушіння і охолодження, після холодильних циліндрів поступає на машинний каландр (43), а далі на накат (44) КРМ.

**Переробка браку.** Видалення та переробка мокрого і сухого браку передбачається як вході обривів паперового полотна так і вході безперервній роботі КРМ.

Мокрий брак під час обриву полотна, а також відсічки з гауч-преса подаються в гауч-мішалку (53). Розпущений брак насосом через згущувач (52) направляється в басейн браку (50).

Сухий брак із сушильної частини, поздовжньорізального станка направляється в гідророзбивач сухого браку. Для розпуску браку використовується оборотна вода з збірника освітлених вод (51). Розволокнена маса насосом з гідророзбивача подається басейн розволокненої маси. Далі маса насосом перекачується на пульсаційний млин (49), а потім в басейн браку, звідки дозується в кількості 20 % в машинний басейн нижнього шару.

### 2.3.2 Матеріальний баланс виробництва продукції

Дані для розрахунку матеріального балансу води і волокна наведено в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Дані для розрахунку матеріального балансу води і волокна

Найменування статей	Вихідні дані			
	[20]	[21]	Дані підприємства	Приймаємо до розрахунку
<b>1 .Концентрація маси на різних стадіях виробництва, %</b>				
На накаті	94	92	93,0	94,0
Після пресів	38	37	43,0	55,0
Після гаучвала	18	25	22,0	22,0

Продовження табл.2.10

Після відсмоктувальних ящиків	12	14	16,0	18,0
Після реєстрової частини	3,7	4,0	4,0	3,8
В напірному ящику	0,50	0,50	0,52	0,53
В баку постійного рівня	3,50	3,50	3,5	3,6
В композиційному басейні	3,50	3,50	3,5	3,6
В машинному басейні	3,50	3,50	3,5	3,6
В басейні оборотного браку	3,50	3,50	3,5	3,6
Скоп після дискового фільтра	3,50	3,50	3,5	3,6
Згущувач	3,50	3,50	3,5	3,6
Гідророзбивач сухого браку	3,50	3,50	3,5	3,6
Гауч-мішалка	0,80	0,80	0,80	0,80
Басейн оборотного браку	3,50	3,50	3,5	3,6
Після селективайера	0,6000	0,5000	0,52	0,53
Після змішувального насоса №1	0,6300	0,5000	0,52	0,51
Після змішувального насоса №2	0,7300	0,7300	0,73	0,73
Після центриклинерів I ступеня	0,7000	0,7000	0,70	0,70
Після центриклинерів II ступеня	0,4000	0,4000	0,40	0,40
<b>2. Концентрація відхідних вод, %</b>				
Регістрова вода	0,17	0,1800	0,185	0,180
Підсіткові води	0,005	0,0045	0,004	0,004
Відсмоктувальних ящиків	0,1000	0,1000	0,100	0,100
Пресові води	0,1000	0,1000	0,100	0,100
Від промивання сітки	0,004	0,004	0,004	0,004
Від промивання сукон	0,001	0,001	0,001	0,001
Прояснених вод після дискового фільтра	0,001	0,001	0,001	0,001
В басейні надлишкових вод	0,2	0,2	0,2	0,2
Від плоскої сортувалки	0,18	0,18	0,18	0,19
Від згущувача мокрого браку	0,4	0,4	0,04	0,040
<b>3. Витрата свіжої та надлишкової води, л/т картону</b>				
Свіжа вода на промивання сіток	15000	17500	18500	18000
Свіжа вода на спорски і відсічки відсмоктувальних ящиків	8500	9500	10200	9000
Свіжа вода на промивання сукон	6500	7500	8750	8000
Свіжа вода на відсічки на гаучвалі	2500	3500	3400	3000
Надлишкова вода на сортувалку	850	850	850	850

Продовження табл.2.10

<b>4. Кількість браку, % від маси картону</b>				
В процесі оброблення картону	2,0	2,0	1,0	1,0
На накаті	2,0	1,0	1,0	1,0
В процесі сушіння картону	2,0	2,0	2,0	2,0
Мокрий брак	3,0	3,0	1,5	1,5
Після гаучвалу	2,0	2,0	1,5	1,5
<b>5. Композиція картону, %</b>				
Макулатура	100	100	100	100
<b>6. Концентрація відходів сортування, %</b>				
Відходи вузловловлювача	1,5	1,0	0,80	0,80
Центриклинерів I ступеня	1,0	1,2	1,20	1,10
Центриклинерів II ступеня	0,7	0,7	0,70	0,70
Центриклинерів III ступеня	0,67	0,67	0,67	0,67
Відходи плоскої сортувалки	4,0	4,0	4,0	4,0
<b>7. Сухість початкових напівфабрикатів, %</b>				
Макулатура	88,0	88,0	88,0	88,0
<b>8. Кількість відходів сортування, % (кг/т)</b>				
Цетриклинери I ступеня	5,0	5,0	5,0	5,0 %
Цетриклинери III ступеня	1,0	1,0	1,10	1,10 кг
Селектифайер	1,0	1,0	0,99	1,0 %
Відділ підготовки макулатурної маси	7,0	7,0	6,5	6,5 %

Розрахунок матеріального балансу води і волокна проводимо згідно класичної блок-схеми, наведеної в літературі [22].

**Склад готової продукції.** На склад готової продукції поступає 1000 кг картону, в якому міститься: абсолютносухого волокна  $1000 \cdot 0,94 = 940$  кг; води  $1000 - 940 = 60$  кг.

**Повздовжньо-різальний верстат (ПРВ).** З урахуванням 1 % браку, що утворюється під час оброблення картону ( $1000 \cdot 0,01 = 10$  кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, необхідно подати на повздовжньо-різальний верстат  $1000 + 10 = 1010$  кг

В картоні, що проходить з ПРВ міститься: абсолютно сухого волокна  $1010 \cdot 0,94 = 949,4$  кг, води  $1010 - 949,4 = 60,6$  кг

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З накату	1010,00	94,0	949,40	60,60
Надійшло(всього)	1010,00		949,40	60,60
На склад	1000,00	94,0	940,00	60,60
В г/розб.сух.браку	10,00	94,0	9,40	0,60
Пішло (всього)	1010,00		949,40	60,60

### Накат

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після сушіння	1020,00	94,0	958,80	61,20
Надійшло(всього)	1020,00		958,80	61,20
На ПРС	1010,00	94,0	949,40	60,60
В г/розб.сух.браку	10,00	94,0	9,40	0,60
Пішло (всього)	1020,00		958,80	61,20

### Сушильна частина

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після пресів	1777,45	55,0	977,60	799,85
Надійшло(всього)	1777,45		977,60	799,85
На накат	1020,00	94,0	958,80	61,20
Втрати пару	737,45	0,00	0,00	737,45
В г/розб.сух.браку	20,00	94,0	18,80	1,20
Пішло (всього)	1777,45		977,60	799,85

### Пресова частина

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після гаучвала	4493,78	22,0	988,63	3505,15
Св.вода на пр.сукон	8000,00	0,00	0,00	8000,00
Надійшло(всього)	12493,78		988,63	11505,15
На сушіння	1777,45	55,0	977,60	799,85
Пресові води	2701,32	0,100	2,70	2698,62
Води в/пром.сукон	8000,00	0,001	0,08	7999,92
В г/зміш.мокр.браку	15,00	55,0	8,25	6,75
Пішло (всього)	12493,78		988,63	11505,15

### Гауч-вал

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після відсм.ящиків	5511,62	18,0	992,09	4519,53
Св.вода на відсічки	3000,00	0,00	0,00	3000,00
Надійшло(всього)	8511,62		992,09	7519,53
На пресову.частину	4493,78	22,0	988,63	3505,15
Води від гаучвала	4002,84	0,004	0,16	4002,68
В г/зміш.мокр.браку	15,00	22,0	3,30	11,70
Пішло (всього)	8511,62		992,09	7519,53

**Відсмоктувальні ящики**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після реєстр. частини	26907,56	3,8	1022,49	25885,08
Св. вода на відсічки	9000,00	0,00	0,00	9000,00
Надійшло(всього)	35907,56		1022,49	34885,08
На гаучвал	5511,62	18,0	992,09	4519,53
В бас.смокт. та підс.вод	30395,94	0,100	30,40	30365,55
Пішло (всього)	35907,56		1022,49	34885,08

**Регістрова частина**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після н.ящика	278506,79	0,53	1476,09	277030,71
Свіжа вода на пром.сітки	18000,00	0,000	0,00	18000,00
Надійшло(всього)	296506,79		1476,09	295030,71
На відсм.ящики	26907,56	3,80	1022,49	25885,08
Регістрові води	251599,23	0,180	452,88	251146,35
В бас.смокт. та підс.вод	18000,00	0,004	0,72	17999,28
Пішло (всього)	296506,79		1476,09	295030,71

**Напірний ящик**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після вузлоуловлюв.	278506,79	0,53	1476,09	277030,71
Надійшло(всього)	278506,79		1476,09	277030,71
На рег. частину	278506,79	0,53	1476,09	277030,71
Пішло (всього)	278506,79		1476,09	277030,71

**Селектифайєр**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.нас.№1	281319,99	0,522	1498,59	279821,40
Надійшло(всього)	281319,99		1498,59	279821,40
На н/ящик	278506,79	0,520	1476,09	277030,71
На плоску сортувал.	2813,20	0,800	22,51	2790,69
Пішло (всього)	281319,99		1498,59	279821,40

**Сортувалка**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З бас.освітл.вод	850,00	0,001	0,01	849,99
Після селективфайера	2813,20	0,800	22,51	2790,69
Надійшло(всього)	3663,20		22,51	3640,69
В бас.регістр.вод	3254,96	0,190	6,18	3248,77
Відходи	408,24	4,0	16,33	391,91
Пішло (всього)	3663,20		22,51	3640,69

**Змішувальний насос №1**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	90531,53	0,180	163,07	90368,46
Після центрик. Іст.	190788,46	0,700	1335,52	189452,94
Надійшло(всього)	281319,99		1498,59	279821,40
На селективфайер	281319,99	0,522	1498,59	279821,40
Пішло (всього)	281319,99		1498,59	279821,40

**Центриклінери 1 ступеня**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.насоса №2	206257,79	0,730	1505,68	204752,11
Надійшло(всього)	206257,79		1505,68	204752,11
На змішув.насос №1	190788,46	0,700	1335,52	189452,94
На центрик. II і III ст.	15469,33	1,1	170,16	15299,17
Пішло (всього)	203257,79		1505,68	204752,11

**Центриклинери 2 і 3 ступеня**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після центрик. I ст.	15469,33	1,2	170,16	15299,17
З бас.сосун.і підс.вод	32135,41	0,064	20,66	32114,75
Надійшло(всього)	47604,75		190,82	47413,92
В змішув.насос №2	47454,75	0,400	189,82	47264,93
Відходи у відвал	150,0	0,67	1,01	149,0
Пішло (всього)	47604,75		190,82	47413,92

**Змішувальний насос № 2**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістрова вода	128690,38	0,180	231,81	128458,58
Від центриклин. II ст.	47454,75	0,400	189,82	47264,93
З БПР	30112,66	3,6	1084,06	29028,61
Надійшло(всього)	206257,79		1505,68	204752,11
На центрик. I ст.	206257,79	0,730	1505,68	204752,11
Пішло (всього)	206257,79		1505,68	204752,11

**Бак постійного рівня**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після машин.басейна	30112,66	3,6	1084,06	29028,61
Надійшло(всього)	30112,66		1084,06	29028,61
На зміш.насос №2	30112,66	3,6	1084,06	29028,61
Пішло (всього)	30112,66		1084,06	29028,61

**Машинний басейн**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після композ.басейна	30112,66	3,6	1084,06	29028,61
Надійшло(всього)	30112,66		1084,06	29028,61
На БПР	30112,66	3,6	1084,06	29028,61
Пішло (всього)	30112,66		1084,06	29028,61

**Композиційний басейн**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із від.підгот.мак.маси	28192,22	3,6	1014,92	27177,30
Із басейна обіг.браку	1405,94	3,6	50,61	1355,33
Скоп з диск.фільтра	514,50	3,6	18,52	495,98
Надійшло(всього)	30112,67		1084,06	29028,61
В машинний басейн	30112,67	3,6	1084,06	29028,61
Пішло (всього)	30112,67		1084,06	29028,61

**Відділ підготовки макулатурної маси**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Макулатура зі складу	1166,25	88,0	1026,30	139,95
Вода з бас.рег.вод	30308,05	0,180	54,59	30253,46
Надійшло(всього)	31474,30		1080,89	30393,41
Відходи сортув. та очищ.	3282,08	2,01	65,97	3216,11
В композиц. басейн	28192,22	3,6	1014,92	27177,30
Пішло (всього)	31474,30		1080,89	30393,41

**Розрахунок блоків перероблення сухого та мокрого браку****Гідророзбивач сухого браку**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З ПРС	10,00	94,0	9,4	0,60
З накату	10,00	94,0	9,4	0,60
З сушіння	20,00	94,0	18,8	1,20
З басну рег.вод	1057,35	0,180	1,9	1055,44
Надійшло(всього)	1097,35		39,50	1057,84
В басейн обор.браку	1097,35	3,6	39,50	1057,84
Пішло (всього)	1097,35		39,50	1057,84



**Гауч-мішалка**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З пресової частини	15,00	55,00	8,25	6,75
З гаучвала	15,00	22,00	3,30	11,70
З басну осв.вод	1415,52	0,001	0,01	1415,51
Надійшло(всього)	1445,52		11,56	1433,96
На згушч.мокрого браку	1445,52	0,800	11,56	1433,96
Пішло (всього)	1445,52		11,56	1433,96

**Згущувач мокрого браку**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.мокр.браку	1445,52	0,800	11,56	1433,96
Надійшло(всього)	1445,52		11,56	1433,96
В басейн обор.браку	308,59	3,6	11,11	297,48
В басейн надл.вод	1136,93	0,04	0,45	1136,47
Пішло (всього)	1445,52		11,56	1433,96

**Басейн обігового браку**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З г/розбив.сух.браку	1097,35	3,6	39,50	1057,84
Зі зміш.мокрого браку	308,59	3,6	11,11	297,48
Надійшло(всього)	1405,94		50,61	1355,33
В композиц.басейн	1405,94	3,6	50,61	1355,33
Пішло (всього)	1405,94		50,61	1355,33

**Басейн регістрових вод**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З регістрової частини	251599,23	0,180	452,88	251146,35
Від плоск.сортув.	3254,96	0,190	6,18	3248,77
Надійшло(всього)	254854,19		459,06	254395,12
На зм.насос №1	90531,53	0,180	163,07	90368,46
На зм.насос №2	128690,38	0,180	231,81	128458,58
У відділ підгот.макул.маси	30308,05	0,180	54,59	30253,46
На г/розб.сухого браку	1057,35	0,180	1,90	1055,44
В басейн надл.вод	4266,87	0,180	7,69	4259,18
Пішло (всього)	254854,19		459,06	254395,12

**Басейн смоктунових та підсіткових вод**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Від відсмоктув.ящиків	30395,94	0,100	30,40	30365,55
Від промив.сітки	18000,00	0,004	0,72	17999,28
Надійшло(всього)	48395,94		31,12	48364,83
В жолоб №1 і №2	32135,41	0,064	20,66	32114,75
В басейн надлиш.вод	16260,53	0,064	10,45	16250,08
Пішло (всього)	48395,94		31,12	48364,83

**Басейн надлишкових вод**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну рег.вод	4266,87	0,180	7,69	4259,18
З басейну смокт. та підс. вод	16260,53	0,064	10,45	16250,08
Від гаучвала	4002,84	0,004	0,16	4002,68
Від сгуц.мокр.браку	1136,93	0,040	0,45	1136,47
Надійшло(всього)	25667,16		18,76	25648,41
На дисковий фільтр	25667,16	0,073	18,76	25648,41
Пішло (всього)	25667,16		18,76	25648,41

**Дисковий фільтр**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну надл.вод	25667,16	0,073	18,76	25648,41
Надійшло(всього)	25667,16		18,76	25648,41
В композиц.басейн	513,99	3,6	18,50	495,49
В басейн освітл.вод	25153,17	0,001	0,25	25152,92
Пішло (всього)	25667,16		18,76	25648,41

**Басейн прояснених вод**

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після дисков.фільтра	25153,17	0,001	0,25	25152,92
Надійшло(всього)	25153,17		0,25	25152,92
На сортувалку	850,00	0,001	0,01	849,99
На зміш.мокр.браку	1415,52	0,001	0,01	1415,51
На очисні споруди	22887,65	0,001	0,23	22887,42
Пішло (всього)	25153,17		0,25	25152,92

Для розрахунку безповоротних втрат волокна потрібно врахувати всі його втрати для даного виробництва. В даному випадку вони становлять:

$$1026,30 - 940,00 = 86,30 \text{ кг.}$$

В такому випадку вимої волокна (ВВ) становлять:

$$ВВ = \frac{86,30 \cdot 100 \%}{1026,30} = 8,41 \%$$

Таблиця 2.11 - Результати зведеного балансу води і волокна

<b>Волокно (абс.сух.),кг</b>	<b>Надходження</b>	<b>Витрата</b>
Макулатура (поверхневий та нижній шар)	1 026,30	
<b>Всього:</b>	<b>1 026,30</b>	
Готова продукція		940,0
Відходи центриклинерів III ст.		1,01
З пресовими водами		2,70
Промивка сукон		0,08
На очисні споруди		0,01
Відходи сортувалки (в цех виробн.картону)		16,33
Відходи відділу підгот.маси		65,97
	<b>Всього:</b>	<b>1026,10</b>
<b>Вода, кг</b>	<b>Надходження</b>	<b>Витрата</b>
З макулатурою	139,95	
Свіжа вода на промивання сіток	18000,0	
Свіжа вода на відсічки відсм.ящиків	9000,0	
Свіжа вода на промив. сукна	8000,0	
Свіжа вода на відсічки в гаучі	3000,0	
<b>Всього:</b>	<b>38139,95</b>	
З готовою продукцією		60,0
З паром при сушінні		737,45
З відходами центр. III ст.		149,00
З пресовими водами		2698,62
Промивка сукон		7999,92
На очисні споруди		22887,42
З відходами сортувалки		391,91
З відходами відділу підгот.маси		3216,11
	<b>Всього:</b>	<b>38140,43</b>

### 2.3.3 Тепловий баланс виробництва картону тарного вологомічного

Розрахунок теплового балансу виконано відповідно до методики [23], результати якого наведено у табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Тепловий баланс процесу сушіння картону тарного вологомічного

п/п	Початкові дані		
1	Продуктивність, кг/год	G=	19813
2	Початкова вологість матеріалу, %	W <sub>1</sub> =	45
3	Кінцева вологість матеріалу, %	W <sub>2</sub> =	6
4	Початкова температура матеріалу, С	t <sub>1</sub> =	22
5	Початкова температура повітря, °С	θ <sub>1</sub> =	10
6	Початкова вологість повітря, %	F <sub>1</sub> =	0,4
7	Кінцева температура повітря, °С	θ <sub>4</sub> =	60
8	Кінцева вологість повітря	F <sub>2</sub> =	0,88
9	Температура повітря після теплообмінника, °С	θ <sub>2</sub> =	30
10	Температура граючої пари, °С	θ <sub>пар</sub> =	145
	<b>Тепловий баланс сушіння</b>		
	Стаття приходу/витрати тепла		Кдж/год
	<b>Прихід тепла</b>		
1	З парою, що надходить в сушильні циліндри		41893495,53
2	З парою, що надходить в калоріфер		2604475,68
3	Тепло використане в теплообміннику		2275460,33
	Всього		46773431,54
	<b>Витрата тепла</b>		
1	На підігрів матеріалу		3660433,74
2	На сушіння у 2-му, 3-му періодах		3093338,05
3	На втрати в навколишнє середовище		331008,9308
4	На втрати з невикористаним повітрям		227546,033
5	На підігреї повітря в теплообміннику		2275460,33
6	На втрати з повітрям що вийшло		3185644,461
	Всього		46773431,54
	<b>Результат розрахунку</b>		
1	Витрати пари в сушильній частині, кг/год	D <sub>1</sub> =	19082,48445
2	Витрати пари в калоріферах, кг/год	D <sub>2</sub> =	1186,338501
3	Загальні витрати пари, кг/год	D=	20268,82295
4	Витрати пари на 1 кг матеріалу, кг/год	D <sub>уд</sub> =	1,023006256
5	Кількість повітря, що подається в сушку, кг/год	L=	113094,3142

Продовження таблиці 2.12

6	Кількість свіжого повітря, кг/год	$L_9=$	124403,7456
7	Поверхня теплопередачі для підігріву сушки, $m^2$	$F_1=$	40,22454657
8	Поверхня теплопередачі для сушки, $m^2$	$F_{2,3}=$	464,5447151
9	Загальна поверхня теплопередачі, $m^2$	$F=$	504,7692617
10	Температура повітря на вході в суш. частину, $^{\circ}C$	$\theta_3=$	52,8918575
11	Температура матеріалу під час сушіння з постійною швидкістю, $^{\circ}C$	$t_2=$	60
12	Середн. температура матеріалу в 2,3 періодах, $^{\circ}C$	$t_4=$	78,9
13	Середн. температура матеріалу, $^{\circ}C$	$t_5=$	41
14	Температура матеріалу після сушіння, $^{\circ}C$	$t_3=$	113,55

### 2.3.4 Розрахунок основного технологічного обладнання

Розрахунок продуктивності картоноробної машини [10];

$$Q=0,06 \cdot B_0 \cdot V \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2;$$

де 0,06 – коефіцієнт для переведення швидкості за часом (хвилин в години) та маси листа картону в кілограми;

$B_0$  – обрізна ширина полотна картону, мм;

$V$  – швидкість машини, м/хв;

$g$  – маса 1  $m^2$  полотна, г;

$K_1=0,9$  – коефіцієнт, що враховує холостий хід машини;

$K_2=0,95-0,96$  – коефіцієнт використання максимальної швидкості машини.

Годинна продуктивність [10]:

$$Q_{\text{год}}=0,06 \cdot 4200 \cdot 650 \cdot 140 \cdot 0,9 \cdot 0,96=19813 \text{ кг/год}=20 \text{ т/год.}$$

Добова продуктивність становить:

$$Q_d = Q_{\text{год}} \cdot t_d = 20 \cdot 23 = 460 \text{ т/доб}$$

де  $t_d=23$  – кількість безперервної роботи машини за добу.

Планова річна продуктивність становить:

$$\text{ПП} = Q_d \cdot T_{\text{ЕФ}} = 460 \cdot 345 = 158700 \text{ т/рік.}$$

Річна потужність КРМ становитиме близько 158700 т/рік

### **Гідророзбивач «UniPulper™»**

Гідророзбивач призначений для одночасного розпускання маси та її сортування від важких та легких домішок.

Режим роботи – безперервний.

Корисний об'єм – 130 м³.

Діаметр отворів сита – 3 мм.

Діаметр ванни – 5300 мм.

Продуктивність – 200 – 600 т/доб.

Потужність двигуна – 630 кВт.

### **Очисники високої концентрації ОМ-3**

Продуктивність – 400 т/добу.

Пропускна здатність – 1800 л/хв..

Концентрація очищеної маси – 4,0 %.

Діаметр – 485 мм.

Отвір насадки – 55 мм.

### **Чотири ступенева система очистки середньої концентрації**

Використовується для грубого очищення маси з метою видалення із макулатурної маси частинок з високою питомою масою, таких як металеві джгути, пісок та ін.

Технічна характеристика системи середнього очищення :

- перший ступінь - батарея "BANK 6 Celleco Twister":

кількість модулів - шість S – 8,

кількість очисників – 48;

- другий ступінь - батарея "Celleco Cleanpac 700cpc":

кількість модулів - один S – 10,

кількість очисників – 10;

- третій і четвертий ступінь - " Celleco Cleanpac 700 crc l4":  
 інтегрований модуль Fibermizer 0/2,  
 кількість модулів – один,  
 кількість очисників - 4+2.

#### **Дисковий фільтр «VDF 5,2 L2 12(13)/350 HF»**

Призначений для промивання та згущення волокна короткої фракції.

Технічна характеристика фільтра «VDF»:

Діаметр диска – 5200 мм.

Шаг – 350 мм.

Кількість дисків - 12(13).

Поверхня фільтрації 1-го диску 30,6 м<sup>2</sup>.

Тип фільтруючого матеріалу – сітка з нержавіючої сталі.

Необхідна довжина барометричних труб – 7 м.

Двигун основного приводу – 11 кВт, 1500 об/хв.

Двигун шнека - розрихлювача - 11 кВт, 1500 об/хв.

Продуктивність – 350 т/доб.

#### **Дисковий фільтр «CDP3 L2 11(12)/300»**

Призначений для згущення очищеної маси довгої фракції.

Технічна характеристика фільтра «CDP»:

Шаг – 300 мм.

Кількість дисків – 11.

Поверхня фільтрації 1-го диску 14,0 м<sup>2</sup>.

Тип фільтруючого матеріалу – сітка з нержавіючої сталі.

Необхідна довжина барометричних труб – 6-6,5 м.

Двигун основного приводу – 7,5 кВт, 1000 об/хв.

Двигун шнека - розрихлювача – 7,5 кВт, 1500 об/хв.

Продуктивність – 300 т/доб.

### **Дисковий рафінер «30/32 DD 6000»**

Призначений для розмелювання волокнистих напівфабрикатів.

Технічні характеристики дискового рафінера 30/32 DD 6000:

Продуктивність – 240 а.с.в. т/доб.

Концентрація на вході – 4-4,5 %.

Приріст ступеня млива – 8<sup>0</sup> ШР.

Очікуване значення питомої енергії для підвищення міри помелу на 8<sup>0</sup> ШР - 40 ч.кВт\*год/т.

Питоме навантаження на кромку - 1,18 Дж/м.

Конфігурація – двопроточна.

Ротор - плаваючий, шліцьовий.

Механізм присадки – електромеханічний.

Гарнітура – литі сегментні диски з н/же стали.

Електродвигун – 630 кВт.

### **Система тонкого сортування довгого волокна на щілинних сортувалках «TamScreen»**

Технічна характеристика сортувалка «TamScreen TS082» :

Конфігурація - два ступені, два виходи відсортованої маси.

Сито – щілинне, циліндричне.

Розмір отворів – 0,25 мм.

Діаметр сита – 800 мм.

Висота – 800+400 мм.

Площа сортування - 2.9 м<sup>2</sup>.

Електродвигун - 110 кВт.

Технічна характеристика сортувалки «TamScreen TS06» :

Сито - щілинне, циліндричне.

Розмір отворів - 0.25 мм.

Діаметр сита - 600 мм.

Довжина - 600 мм.



Електродвигун - 55 кВт.

### **Система зворотного очищення довгого волокна «Slidepac Bank»**

Технічна характеристика зворотних очисників «Slidepac Bank 4» :

Кількість батарей - одна

Кількість модулів - 4

Кількість очисників - 100.

Технічна характеристика зворотних очисників «Cleanpac 250 LWR Bank 12»:

Кількість батарей – одна.

Кількість модулів – 1.

Кількість очисників - 11.

### **Сортувалка вібраційна СВ-02**

СВ-02 використовується для сортування відходів від вузловловлювача.

Схемою передбачено використання двох сортувалок.

Продуктивність – 45-60 т/добу.

Концентрація маси, що потупає - 4-15 %.

Площа сита – 1,2 м<sup>2</sup>.

Діаметр отворів - 3 мм.

### **Гідророзбивач браку (PM Poland)**

Гідророзбивач UTM призначений для безперервного розпускання сухого браку паперової машини.

Матеріал - нержавіюча сталь.

Об'єм ванни -20 м<sup>3</sup>.

Потужність перемішуючого пристрою -160 кВт.

Кількість обертів - 1000 об/хв.

КРМ складається з наступних частин: формуюча, пресової і сушильної.

### **Башмачний прес Single NipcoFlex**

Робоча швидкість—300 до 460 м/мин.

Максимальна проектна швидкість—800 м/мин.

Ширина полотна (картону) в пресі – 4400 мм

Максимальная ширина полотна картону на накаті—4270 мм.

Діаметр нижнього валу башмачного преса—1045 мм.

Довжина зони контакту башмака—250 мм.

Робочий лінійний тиск в зоні контакту притиску башмачного пресу, макс—1070 кН/м.

### **Напірні ящики**

Гідродинамічні напірні ящики нижнього і верхнього шарів закритого типу з регульованим тиском повітряної подушки, з гасителем пульсацій. Конструктивно складаються з корпусу з нижньою губою, колектора з механізмом відкидання, турбулізатора, верхньої губи з механізмом вертикального і горизонтального переміщення, механізмами точного регулювання профілю випускної щілини з можливістю автоматичного управління поперечним профілем паперового полотна.

**Формувальна частина** машини включає: верхній формуючий пристрій для формування верхнього шару, консольного типу, що забезпечує якісне формування і зневоднення верхнього шару полотна картону.

Для формування верхнього шару використовуються плоско сітковий формувальний пристрій, процес формування листа відбувається на сітці (плоско сіткова частина). Головні частини складається з гідравлічного напірного ящика, багатоступеневої секції, що формує полотно паперу з підвищеним рівнем вакууму та прес формуючим циліндром.

Сіткові столи оснащені валами, правками, натяжками, шаберами, спорсками. Гідропланки можуть бути зі зносостійкими вставками або керамічними. Передача верхнього шару полотна на нижню сітку здійснюється через спеціальний сітковий циліндр.

**Пресова частина** машини складається: з гауч-преса; прес з розширеною зоною пресування та преса з розширеною зоною пресування башмачного типу.

Прес з розширеною зоною пресування типу «JUMBO» виготовлений як двох вальний прес з гідравлічним при жимом верхнього пресового вала.

Максимальний лінійний тиск – 450 кН/м.

Максимальна ширина полотна – 4500 мм.

Максимальна швидкість – 1000 м/хв.

Діаметр пресових валів – 1500 мм.

Башмачний прес з розширеною зоною пресування, виробництва Mitsubishi Heavy Industries, є ключовим компонентом пресової частини картоноробної машини. Призначений для збільшення сухості паперового полотна за рахунок високого тиску притиску. Башмачний прес складається з нижнього валу з жолобчастим гумовим покриттям і модуля.

Максимальний лінійний тиск – 1050 кН/м.

Максимальна ширина полотна – 4450 мм.

Максимальна швидкість – 800 м/хв.

Діаметр пресових валів – 1045 мм.

### 3 СТАРТАП-ПРОЕКТ

Метою розробки стартап-проекту є проведення маркетингового аналізу стартап проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження [25].

Проблема відсутності власного виробництва целюлози та брак сировинної бази завжди є актуальною. В даному випадку альтернативою може служити використання АКД.

Рослинні волокна, які є основним компонентом паперу і картону, мають високу усотувальну здатність стосовно води, що обумовлено їхньою гідрофільною природою, тобто наявністю в них великої кількості вільних гідроксильних груп. Для надання паперу і картону гідрофобності і поліпшення ряду інших властивостей їх піддають проклеюванню[10].

Актуальною проблемою є те, що тест-лайнер та папір для гофрування практично завжди виробляють у кислому середовищі. Проте використання макулатури з підвищеним вмістом  $\text{CaCO}_3$  в цих умовах викликає ряд проблем, у зв'язку з чим виникає необхідність переходу до проклеювання у нейтральному середовищі[10].

Ефективним способом отримання якісного проклеювання є використання у виробництві ЦПП, зокрема для виробництва картону тарного вологоміцного, димерів алкілкетенів (АКД). Цей клей має високу реакційну здатність і може закріплюватися на поверхні целюлозних волокон у процесі їх сушіння з утворенням мономолекулярного гідрофобного шару [10].

Клей АКД є безпечним для навколишнього середовища. Для екології, що в наш час особливо важливо, обраний спосіб виробництва картону тарного вологоміцного не несе проблем утилізації відходів і не спричиняє викидів шкідливих речовин в атмосферу.

До основних переваг відносяться: використання доступної та дешевої сировини – макулатури та відносно недорогих хімічних речовин, які збережуть

високі споживчі та експлуатаційні властивості пакувального картону. Опис ідеї проекту наведено в табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Використання в композиції макулатурної маси дисперсії на основі АКД	Виробництво картону тарного вологоміцного	Збільшення значень показників гідрофобності, руйнуючого зусилля у вологому стані, індексу SCT, вологоміцності
	Основні матеріальні ресурси (волокно, вода, хімічні речовини, енергія)	Легкість в експлуатації, економічність сировини
	Середній рівень проклеювання	Доступна технологія виготовлення картону без використання дорогого обладнання
	Низька конкуренція серед діючих підприємств ЦПП	Завоювання ринку картону тарного вологоміцного та тари з нього

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї наведено в табл. 3.2 тобто відмінність від існуючих аналогів та замінників, порівняно із пропозиціями конкурентів, що включає визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї; визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку [25].

Задача визначення слабких, нейтральних та сильних характеристик є основною, оскільки вона формує конкурентоспроможність.

Картонне і паперове виробництво є безвідходним і перспективним для України. З деревини роблять папір, потім відходи паперу або картону відправляють на переробку, де з вторсировини знову роблять папір, картон і гофрокартон. Це нескінченний і нешкідливий для довкілля процес, на відміну, наприклад, від виробництва виробів з пластика. Папір швидко розкладається в землі або

повторно застосовується у виробництві. Із-за екологічної світової загрози у рамках Асамблеї ООН близько 170 європейських країн до 2030 року зобов'язалися скоротити використання пластикової тари. Що стосується України, проблема сортування і переробки сміття стоїть дуже гостро. З 2018 року був ухвалений закон про обов'язкове сортування сміття і заборону вивезення на полігони. Але на практиці ці вимоги не виконуються, і на сьогодні обробляється близько 5% від усієї маси сміття. Тому картон, гофрокартон і інші вироби для упаковки все більше мають попит. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту наведено в табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Потенційні товари /концепції конкурентів			слабий	нейтральний	сильний
		Мій проєкт	ЖЦПК	ПКПК			
1	Доступність вихідної сировини, %	100	100	100		+	
2	Можливість використання в ЦПП	+	+	+		+	
3	Вартість виготовлення	низька	висока	висока			+
4	Складність виготовлення	низька	середня	середня			+
5	Наявність міжнародних стандартів	висока	низька	низька			+
6	Екологічність	висока	висока	середня		+	

Останні роки тенденція на відмову від пластикової тари набирає оберти, з'являються замовники і споживачі, які не хочуть використати пластик, відповідно, у виробників картонної тари будуть рости обсяги виробництва. Також в Україні активно розвивається сільське господарство. В 2018 році зростання

склало 7,8% в порівнянні з 2017 роком (найвищий показник з 2013 року), частка експорту збільшилася на 5%. Цей чинник може вплинути на розвиток ринку картону і гофрокартона, оскільки АПК (агро-промисловий комплекс) є одним з активних замовників цієї тари. Високий попит на упаковку з картону і гофрокартона стимулює ринок росту і боротися за кожного клієнта.

### ***Технологічний аудит ідеї проекту***

Щоб запустити в Україні виробництво картону тарного вологоміцного достатньо обладнання яке вже існує. Даний вид продукції виготовляється за технологією проклеювання в нейтральному і слаболужному середовищі застосовуючи такий проклеювальний матеріал як дисперсія димерів алкілкітенів – АКД. Проклеювання картону в нейтральному і слаболужному середовищах характеризується багатьма перевагами в порівнянні з традиційним проклеюванням в кислому середовищі. Зазвичай АКД додається в місця де можливе добре перемішування та адсорбція часточок клею на волокні. Дисперсію можна вводити нерозбавлену. Враховуючи екологічність та економічність даного способу, завдяки дисперсії АКД можна створити якісний картон із підвищеними гідрофобними властивостями, який може застосовуватися в багатьох сферах.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових наведених в табл.3.3.

Таблиця 3.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Заміна гідророзбивачів ST7 на вузол розволокнення TwinPulp	Технологія виготовлення готової продукції	Наявна	Доступна автору проекту
2.	Заміна багатоциліндрової формуючої частини на формувальний пристрій на основі плоскої сітки			
3.	Використання в композиції макулатурної маси дисперсії на основі АКД			
Обрана технологія ідеї проекту: технологія виготовлення готової продукції				

### *Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту*

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів [25].

В табл. 3.4 наведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку.

Таблиця 3.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	200000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Нема
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Наявні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	5

Рентабельність – це інтегральний показник, що відображає ефективність роботи підприємства, що націлене на отримання прибутку у короткостроковій перспективі і який вказує на якість управлінських рішень, що стосуються фінансової, операційної та інвестиційної діяльності підприємства. Середня норма рентабельності в галузі порівнюється із банківським відсотком на вкладення. За умови, що останній є вищим, можливо, має сенс вкласти кошти в інший проект [25].

Впровадження виробництва картону тарного вологоміцного в асортименті тарного картону є привабливою інвестицією з точки зору екології та економії.



Застосування дисперсії АКД особливо доцільно при виробництві лайнеру із макулатури. В табл. 3.5 наведено групи клієнтів, їх характеристики та сформовано орієнтований перелік вимог до товару для кожної групи.

Таблиця 3. 5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба , що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)
1	Спосіб утилізації відходів	Підприємства ЦПП, які використовують макулатуру в якості сировини
2	Спосіб отримання картону з використанням АКД	Підприємства, які виготовляють гофротару
3	Композиційний матеріал з спеціальними властивостями	Харчова, сільсько –господарська, фармацевтична галузь тощо

Аналіз ринкового середовища. Фактори, які сприяють ринковому впровадженню проекту, та фактори, які йому перешкоджають наведено в табл. 3.6., табл. 3.7.

Таблиця 3.6 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Можливості
1	Економіка	Підняття економіки країни; розвинуті фондовий та фінансові ринки; доступність інвестицій та кредитів.
2	Політика	Соціально-політична стабільність
3	Науково-технічний прогрес	Розвиток інформаційних технологій
4	Природне середовище	Розвиток екологічно безпечних товарів
5	Соціальна сфера	Підвищення культурно-освітнього рівня населення

Таблиця 3.7 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Можливості
1	Економіка	Поява на ринку нових конкурентів; поява закордонних конкурентів; високі темпи інфляції.
2	Політика	Посилення податкового тиску; несприятлива урядова політика.
3	Науково-технічний прогрес	Зростання залежності від інновацій
4	Природне середовище	Негативна екологічна ситуація

Таблиця 3.8 – Аналіз внутрішнього маркетингово середовища

Внутрішні фактори	Вплив фактору		Симптоми проблеми/можливості
	Можливості	Загрози	
Кваліфікований персонал	Ефективна діяльність	Звільнення	<u>Можливість</u> : поєднання обов'язків, аутосорсінг. <u>Проблема</u> : відсутність умов для роботи
Обладнання та реагенти	Виготовлення готової продукції	Відсутність умов для реалізації проекту (фінансування)	<u>Можливість</u> : пере кредитування, пошук нових постачальників <u>Проблема</u> : відсутність сировини, несвоєчасна закупівля
Джерела фінансування	Інвестор	Відсутність фінансування	<u>Можливість</u> : вивчення ринку нових проектів. <u>Проблема</u> : відсутність збуту

Відповідно до ступеневого аналізу визначення загальних рис конкуренції на ринку головними силами, які діють на конкуренцію в галузі є постачальники та споживачі. Також в силу розвитку ринку все більшого значення набуває інтенсивність конкуренції між існуючими конкурентами та загроза зі сторони товарів-субститутів. Таким чином в межах структурного підходу до аналізу конкуренції тип конкуренції – монополістична конкуренція.

Для виявлення сильних та слабких сторін діяльності ПрАТ «Київський КПК» на ринку виготовлення картону та паперу слід навести порівняльний аналіз із найнебезпечнішими конкурентами за факторами конкурентоспроможності [25].

Аналіз пропозиції: визначення загальних рис конкуренції на ринку наведено в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. За рівнем конкурентної боротьби	Національний.	Ведучи конкуренцію на національному рівні, компанії необхідно прикласти належні зусилля для охоплення всього національного ринку.
2. За рівнем конкурентної боротьби	<i>Нецінова.</i> Основні характеристики та унікальність товару. <i>Цінова.</i> Визначальна при виборі.	Головною конкурентною перевагою є унікальність позиціонування.

Продовження табл. 3.9.

3. За галузевою ознакою міжгалузева	Проявляється в боротьбі за найкращі умови отримання та використання капіталу та ресурсів, а також в суперництво між товарів-замінників виробниками, які задовольняють одну і ту ж потребу споживачів	Необхідно зосередити зусилля на пошуку конкурентних переваг, які дозволять компанії займати стійкі конкурентні позиції на ринку.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Можливі використання продукту замість наявних речовин з одночасною заміною технологій перероблення	Можливість презентації даного продукту у вигляді композиційного матеріалу

Стратегія лідирування за рахунок зниження витрат — одна із загальних конкурентних стратегій фірми, що полягає в орієнтації на зайняття лідируючого положення в галузі (або на великому сегменті ринку) за рахунок економії на витратах при виготовленні масової продукції.

Стратегія диференціації — одна із загальних конкурентних стратегій, що полягає в орієнтації діяльності підприємства на створення унікальних у будь-якому аспекті продуктів, який визначається важливим достатньою кількістю споживачів.

Стратегія фокусування — одна із загальних конкурентних стратегій, спрямована на підвищення спеціалізації та концентрації діяльності підприємства, з урахуванням вимог певного сегменту без орієнтації на весь ринок.

Більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі проводиться за моделлю 5 сил М. Портера, який наведено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Вихідні бар'єри галузі невисокі, рівень протидії конкурентів високий. Тому Обов'язковою є сертифікація продукції. Вартість організації бізнесу з виробництва картону з використанням АКД сягає 100 тис. дол.	Концентрація постачальників; значення розміру поставок для постачальників. Постачальники не диктують умови роботи на ринку.	Розмір закупівель; система інформації; торгівельні знаки; контроль якості. Клієнти диктують умови роботи на ринку, а саме: своєчасна поставка, достовірна інформація про товар та вимоги до його якості.	Ціна; лояльність споживачів. Програми лояльності зі сторони конкурентів

На основі аналізу конкуренції, проведеного табл. 3.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту табл. 3.2, вимог споживачів до товару табл. 3.5 та факторів маркетингового середовища визначено та обґрунтовано перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлено в табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Своєчасна поставка товару.	Реконструкція технологічного потоку дозволяє налагодити безперебійний випуск продукції, в свою чергу, підвищити продуктивність та виконання замовлень від клієнтів вчасно.
2	Екологічно чистий товар	Продукт виробляється з відходів рослинної сировини, що є екологічним та економічно вигідно
3	Високі показники механічної міцності	Можливість заміни дорогих проклеюючих речовин.
4	Високі показники якості готової продукції.	За рахунок впровадження інновацій та розширення сировинної бази.
5	Системи знижок, акції та програми лояльності для клієнтів.	Гнучка політика підприємства по відношенню до клієнтів.

За визначеними факторами конкурентоспроможності табл. 3.11 проведено аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Рейтинг товарів-конкурентів						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Відновлювана сировини						+	
2	Екологічно чистий товар						+	
3	Високі показники механічної міцності							+
4	Високій вихід					+		
5	Низький вміст лігніну							+

Складання SWOT-аналізу є останім етапом ринкового аналізу можливостей і наведено в табл. 3.13

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища.

Таблиця 3.13 – *SWOT-аналіз* стартап-проекту

<p><b>Сильні сторони:</b></p> <p>Проект в Україні іноваційний</p> <p>Багатогалузеве застосування продукту</p> <p>Відносно невеликий штат організації.</p> <p>Молодий і перспективний колектив.</p> <p>Гнучка політика керівництва.</p> <p>Порівняно відновлювані початкові матеріали.</p> <p>Екологічно чистий продукт.</p>	<p><b>Слабкі сторони:</b></p> <p>Відсутність фінансування з боку держави</p> <p>Низька зацікавленість з боку місцевих інвесторів</p> <p>Відсутність матеріально-технічної бази для реалізації проекту</p> <p>Брак власного устаткування.</p> <p>Брак власної робочої сили.</p> <p>Відсутність єдиного цеху.</p> <p>Додаткові транспортні витрати.</p> <p>Обмежений сектор використання.</p> <p>Складність просування продукту на ринок.</p>
<p><b>Можливості:</b></p> <p>Реалізація проекту з залученням інвестиційних програм: фандрайзинг, краундфандінг, іноземні інвестори.</p> <p>Розширення виробничої лінії.</p> <p>Вихід на нові ринки.</p> <p>Налагодження роботи з постачальниками інших регіонів.</p> <p>Перехід до екологічності виробництв</p>	<p><b>Загрози:</b></p> <p>Низька зацікавленість інвесторів</p> <p>Низький темп реалізації проекту</p> <p>Конкуренція з боку високотехнологічних лабораторій і виробництв</p> <p>Збільшення цін на матеріали.</p> <p>Зниження посівів сировини.</p>

Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення [25].

Отже, SWOT-аналіз (strength, weaknesses, opportunities and threats) - дозволяє виявити ті сильні і слабкі сторони, які потребують найбільшої уваги і зусиль з боку підприємства. Метою SWOT - аналізу не є з'ясування всіх сильних і слабких сторін, це занадто складно і не забезпечує досягнення ефективності. Підприємство має зосередитися на тих з них, які можуть стати ключовими факторами успіху або провалу, особливо широкий перелік нівелює те, що є

найважливішим. Він дозволяє систематизувати проблемні ситуації; краще розуміти структуру ресурсів, на які слід опиратися в удосконаленні діяльності та розвитку компанії на перспективу; відстежувати загальний стан зовнішнього бізнес-середовища; виділяти і використовувати нові потенційні можливості швидше, ніж конкуренти; вибрати оптимальну дорогу розвитку і уникнути небезпек; приймати зважені рішення, що стосуються розвитку бізнесу. Правильно і вчасно прийняті стратегічні рішення грають сьогодні ключову роль в успішній діяльності організації. Саме вони роблять вирішальний вплив на конкурентоспроможність продукції і підприємства в цілому [25].

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 3.9, аналіз потенційних конкурентів).

Провівши SWOT-аналіз можна зробити висновок, що даний стартап-проект може розвиватися за стратегією сильних сторін за рахунок ринкових можливостей. Так як, стартап-проект передбачається робота з декількома сегментами ринку, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу, вибираємо стратегію охоплення ринку, а саме стратегію диференційованого маркетингу [25].

Реалізація цієї стратегії вимагає, як правило, більш високих витрат. Проте успішна диференціація дозволяє компанії домогтись більшої рентабельності за рахунок того, що ринок готовий прийняти більш високу ціну (цінову премію бренду). При веденні конкурентної боротьби з використанням цієї стратегії на ринку в першу чергу терплять фіаско фірми, що не здатні визначати потреби цільових ринків, оперативно реагувати на зміни в ринковому попиті, проводити ефективну політику маркетингових комунікацій, не мають необхідних навичок в області брендингу. Найважливішими здібностями, які повинна мати компанія, що



приймає цю стратегію, є генерування маркетингових ноу-хау, здійснення продуктових новацій. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки [25].

Такий продукт який пропонує стартап-проект є «першопрохідцем» на ринку. І тому у силах проекту знайти собі як нових споживачів, так і переманити існуючих у конкурентів. Проектом не передбачається копіювання основних характеристик продукту у конкурента.

На основі проведеного дослідження, можна зробити висновок, що впровадження стартап-проекту незважаючи на наявну конкуренцію, може вважатися перспективним. Потрібне складання детальної партнерської пропозиції та залучення закордонних інвестицій, через виставки, конференції. Дослідження сфер потенційного застосування матеріалу, дасть можливість розширення цільової аудиторії. Переваги використання отриманого продукту зможуть зацікавити клієнтів, що і стане запорукою стабільного розвитку бізнесу в довгостроковій перспективі [25].

## ВИСНОВКИ

1. Проведено літературний огляд характеристик різних видів проклеювальних речовин, а саме АКД, ASA, клею «Сакоцел», їх властивості та основні напрями практичного застосування у целюлозно-паперовій промисловості. Показано вплив електрокінетичного потенціалу дисперсійного середовища на показники картонно-паперової продукції.

2. Досліджено вплив АКД на фізико-механічні показники картону. Встановлено, що за витрати АКД 2,6 кг/т значення індексу SCT зростає у 2 рази, а вологоміцність збільшується в 1,5 рази відповідно вимог стандарту. Показано, що за різних витрат дисперсії АКД значення рН волокнистої маси знаходяться на одному рівні та відповідають стандартному значенню.

3. Встановлено, що за збільшенням витрат дисперсії АКД значення показника катіонної потреби зменшується, що свідчить про зменшення активності аніонних забруднень в потоці. Визначено оптимальні умови використання АКД: концентрація – 20 %, витрата – 2,6 кг/т, температура – 20°C, рН – 7,5-8,5, місце вводу – машинний басейн поверхневого шару.

4. Рекомендовано з метою підвищення продуктивності та поліпшення якості продукції провести наступну реконструкцію технологічного потоку з виробництва картону тарного макулатурного вологоміцного:

- замінити гідророзбивачі ST7 на вузол розволокнення TwinPulp фірми Voith;
- встановити сортувалки ModuScreen CR фірми Andritz для поліпшення грубої очистки макулатурної маси;
- замінити дисковий млин МД24 на більш ефективний конічний млин PARASON MACHINERY для покращення процесу розмелювання макулатурної маси;
- замінити комбіпрес на башмачний прес Single NipcoFlex в пресовій частині картоноробної машини;

- замінити багатоциліндрової формуючої частини на формувальний пристрій на основі плоскої сітки.

5. Розраховано матеріальний баланс волокна та води виробництва картону тарного макулатурного вологоміцного. Для виготовлення 1 т картону необхідно 1026,3 кг абсолютно сухої макулатури та 38139,95 кг води.

6. Проведено розрахунок теплового балансу конвективного сушіння картону. Визначено, що витрата пари на сушіння 1 кг картону становлять – 1,023 кг/год.

7. Проведено маркетинговий аналіз, розроблено стартап-проект виробництва картону тарного вологоміцного і показана принципова можливість ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації стартап-проекту.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Электронный научный журнал. Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №1 (часть 1): веб-сайт URL: Scienceeducation. Ru (дата звернення 27.10.20)
2. Глобальный рынок упаковки: перспективы роста и развития : веб-сайт URL: <http://machouse.ua> (дата звернення 27.10.20)
3. Обзор украинского рынка упаковочных материалов: веб-сайт URL: [Bizraing.com.ua](http://Bizraing.com.ua) (дата звернення 27.10.20)
4. Радбиль Б. А., Смирнов В. Ф., Кушнир С. Р., Смирнова О. Н., Радбиль А. Б., Рубцова Ю. П. Для защиты материалов от биоповреждений. // Целлюлоза. Бумага. Картон. — 2006. — № 9. — С. 86–88.
5. Мандре А.Ю., Махотина Л.Г., Аким Э.Л. Исследование влияния различных видов АКД на степень проклейки бумаги для офисной техники. Целлюлоза. Бумага. Картон. 2003. № 11-12. 26 с.
6. Парамонова Л.Л., Васильева Л.П., Акимова Г.С., Чистоклетов В.Н. К вопросу о стабильности проклеивающего материала на основе модифицированного нейтрола. УБК. 2003. № 11-12.
7. Україна витрачає мільйони доларів на купівлю макулатури за кордоном. Зелена хвиля : вебсайт URL: <http://ecoclubua.com> (дата звернення 31.10.20)
8. Обзор рынка картонной и бумажной упаковки в Украине : вебсайт URL: <https://inventure.com.ua> (дата звернення 31.10.20)
9. Технология целлюлознобумажного производства. В 3 т. Т. II Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработка бумаги и картона. СПб.: Политехника, 2005. 423 с.
10. Примаков С.П., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону: навчальний посібник, видання 2ге, переробл. Київ: ЕКМО, 2008.-425 с.
11. Шабиев Р.О., Смолин А.С. Анализ электрокинетических параметров бумажной массы: учебное пособие / СПб ГТУРП. – СПб, 2012. 80 с.

12. Руководство по эксплуатации анализатора заряда частиц CAS (Charge Analizing System), Copyright © 2004, 2005, 2006 AFG Analitic GmbH.
13. Офіційний сайт компанії «Фойт Пейпер» вебсайт URL: <http://voith.com> (Дата звернення 20.11.2020).
14. Офіційний сайт компанії «Андритц» вебсайт URL: [www.andritz.com](http://www.andritz.com) (Дата звернення 20.11.2020).
15. Офіційний сайт компанії «PARASON» » вебсайт URL: [parason.com](http://parason.com) (Дата звернення 20.11.2020).
16. ДСТУ 3500:2019 Макулатура паперова й картонна. Технічні умови. Технічний комітет стандартизації «Продукція целюлозно-паперової промисловості». 2020. 14с.
17. ДСТУ 4380:2005 Крохмаль модифікований. Загальні технічні умови. Держспоживстандарт України. Київ. 2006 . 18 с. (чинний від 28.02.2005).
18. ТУ У 19155069.001 – 99 Гідроксихлорид алюмінія «ПОЛВАК 40/68/80» Технічні умови.
19. ТУ У 21.105509659026:2005 Картон тарний макулатурний. Зміна № 4. Мінекономрозвиток України. 2018. 33 с.
20. Иванов С.Н. Технология бумаги. Издание 3-е: Школа бумаги. Москва. 2006. 696 с.
21. Примаков С.Ф., Барбаш В.А., Шутько А.П. Технология бумаги и картона. Учебное пособие для вузов. – М.: Экология. 1996.-304 с.
22. Парамонова Л.Л., Смолин А.С.. Основные расчеты по материальному балансу производства бумаги: учебно-методическое пособие; ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2018. 47 с.
23. Барбаш В.А., Квитка А.А., Примаков С.Ф. Методические указания по расчету на ЭВМ теплового баланса сушки бумаги. Методические указания, Киев, КПИ, 1989 – 24 с.
24. Перспективный рынок: почему выгодно инвестировать в производство гофрокартона: веб-сайт URL: <http://delo.ua> (Дата звернення 24.11.2020)

25. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ДОДАТОК 1 бажано сканкопії тез будуть в понеділок 14.12.2020

УДК 676.252

**М'ЯКІСТЬ, ЯК ОДИН З ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ  
ВИРОБІВ САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОГО  
ПРИЗНАЧЕННЯ**

магістранти Анчук І.В., Грищенко Т.А., Подгорнов  
Є.А., к.т.н., доц. Трембус І.В.

**Національний технічний університет України**

**“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

***Анотація.** Розглянуто вимоги до показників якості санітарно-гігієнічного паперу. Описано особливості визначення показника м'якості органолептичним методом оцінювання.*

***Ключові слова:** санітарно-гігієнічний папір, м'якість, органолептичні властивості, аналізатор м'якості тис'ю.*

***Abstract.** The requirements to the quality indicators of sanitary paper are considered. The peculiarities of determining the softness index by organoleptic evaluation method are described.*

***Keywords:** sanitary paper, softness, organoleptic properties, tissue softness analyzer.*

Виробництво паперу основи для санітарно-гігієнічної (СГ) продукції у відсотковому співвідношенні регулярно посідає провідне місце серед інших виробів асоціації "УкрПапір". Такі дані пояснюються високим попитом на даний вид продукції, що виробляється з паперу основи СГ призначення.

До паперу СГ призначення висуваються спеціальні вимоги, такі як підвищена м'якість, висока поглинаюча здатність, пухкість при відносно невисокій механічній міцності, низька маса  $1\text{ м}^2$ .

М'якість СГ видів паперу, поряд з підвищеною вбирною здатністю, є одним з основних її споживчих властивостей. На жаль, її не можна визначити однозначно, і в загальному випадку поняття м'якості паперу об'єднує комплекс пружнопластичних і органолептичних властивостей. М'якість характеризують пружнодеформаційні показники, такі, як пружність, пластичність, еластичність, гнучкість, а також пухкість і стан поверхні паперового листа, тобто її рельєф, шорсткість, коефіцієнт тертя. Певне співвідношення цих параметрів характеризує показник найвищої м'якості. М'якість паперу визначають як рухливість його структурних елементів (волокон), їх властивості. Чим вище рухливість волокон при інших рівних умовах, тим вище м'якість паперу і вище значення його пластичності. Паралельно СГ види паперу повинні характеризуватися певними значеннями пружності, тобто повертатися в початковий стан (недоформований) після зняття зовнішнього навантаження, зберігаючи свою пухкість.

Під час оцінювання властивостей волокнистих матеріалів органолептичними методами потрібна якомога точніша конкретизація у формулюванні всіх можливих тактильних відчуттів, особливостей зовнішнього вигляду, форми, кольору та інших показників, характерних для волокнистих матеріалів.

Для визначення м'якості застосовують метод, що дозволяє оцінити пружні властивості волокнистого матеріалу із застосуванням приладу "Аналізатор м'якості тис'ю" (TSA) (Tissue Softness Analyzer) який, зокрема, дає можливість оцінити характеристики матеріалів, а також одночасно враховує їх вплив на м'якість.



Принцип його дії базується на визначенні сили, яка передається досліджуванним зразком на сенсор реєстраційного елемента приладу під час згинання та для оцінювання споживчих властивостей матеріалів, а також їх динамічного розтягування, м'якості та інших дотичних параметрів. Принцип дії приладу ґрунтується на вимірюванні вібрації досліджуваного зразка і подальшої побудови частотного спектра шумів. Водночас змінні фактори, від яких залежать кількісні значення отриманих показників, поділяють на дві групи:

- показники, що визначають якість вихідного волокнистого матеріалу;
- показники, що визначаються технологічним процесом виготовлення матеріалу (для паперу санітарно-технічного призначення – ступінь млива, режим пресування, процес відливання, сушіння та подальшого оброблення).

В залежності від загального випадку коли говорять про м'якість, то це означає тактильне відчуття при дотику до матеріалу, наприклад, тис'ю. Відчуття м'якості є комбінація трьох складових – істинна м'якість, гладкість/шорсткість, жорсткість.

Три параметри – істинна м'якість TS7, гладкість/шорсткість TS750, жорсткість D разом з товщиною і числом шарів комбінуються у формулі розрахунку показника м'якості по тому або іншому алгоритму розрахунку:

$$HF = f(TS7, TS750, D, \text{товщина шару, маса, число шарів})$$

При розрахунку показника м'якості зразків тис'ю доступний вибір різних алгоритмів, які використовують в залежності від характеристик або від застосування матеріалу зразка. При цьому

рівняння в цих алгоритмах дозволяють вирахувати показник м'якості різними методами.

Можна зробити висновок, що органолептичний метод оцінювання показника м'якості є дуже суб'єктивним і багато в чому залежить від емоційної характеристики особистості експерта.

Аналізатор (TSA) дозволяє обрахувати показник м'якості за допомогою різних алгоритмів, які використовуються головним чином для оцінки якості під час вхідного та вихідного контролю, оптимізації процесу, розробки і стандартизації продукту, розгляду реклами.

#### **Перелік посилань:**

4. Л. Андрієвська, Т. Глушкова, С. Пилипенко / Оцінка якості паперової продукції санітарно-гігієнічного призначення // Товари і ринки. – 2012 – № 1. – с. 164-170.

5. Л.В. Андрієвська, Т.Г. Глушкова, Л.А. Коптюх, К.В. Мостика / Поліпшення властивостей паперу для виробів санітарно-гігієнічного призначення // вісник Черкаського державного технічного університету. – 2015 – № 2. – с. 141-146.

## ДОДАТОК 2 бажано сканкопії тез

**Анчук І.В., Грищенко Т.А., Подгорнов Є.А.**

*магістранти;*

**Трембус І.В.**

*кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний  
університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

### **МЕТОД SCT – ПОКАЗНИК МІЦНОСТІ УПАКОВКИ З ГОФРОКАРТОНУ**

Роль упаковки у сучасному світі досить велика. Упаковка захищає продукти від псування, полегшує транспортування, реалізацію та зберігання товару. Одним з видів упаковки, що найбільш динамічно розвивається є упаковка гофрокартону.

Гофрокартон широко використовується, як пакувальний матеріал і відзначається низькою вагою, вартістю, задовільними фізико-механічними властивостями. Крім того, пакування і тара з гофрокартону повинні відповідати певним експлуатаційним вимогам важливою з яких є опір торцевому стисненню гофрокартону, який характеризує несучу здатність та жорсткість гофрокартону та виробів з нього [1]. Запропонований показник ЕСТ враховує не лише можливість руйнування гофрокартону в результаті стискання, але і руйнування за рахунок місцевого викривлення окремих шарів. Для визначення опору торцевому стисненню за методикою ЕСТ використовують відому формулу [2]:

$$EST = K1 \times (SCT1L + K2 \times SCTF1 \times SCT2L),$$

де  $K1$  – константа, яка визначається емпірично для окремого виробництва і близька до 1;

$K2$  – фактор гофрування (конкретна величина, яка визначається гофрувальними валами, зазвичай повідомляється постачальником валів);

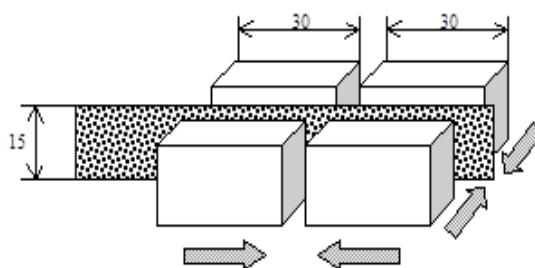
SCT – величина опору стисненню на короткій відстані, кН/м (L – для картону для плоских шарів, Fl – паперу для гофрування).

Визначення опору стиснення за методом SCT виконують згідно ISO 9895 на приладі L&W Compressive Strength Tester STFI-CODE 152. Принцип вимірювання опору стиснення у відповідності з методом SCT показано на рис.

1. При вимірюванні зразок картону-лайнера поміщають між двома затискачами з вільною довжиною стиснення 0,7 м. Швидкість випробування становить  $3 \pm 1$  мм/хв. При наближенні затискачів один до одного довжина зразка скорочується, а навантаження в смужці зростає. Так, як зразок коротший по відношенню до його товщини, це запобігає біфуркації, і деформація зразка відбувається в результаті стиснення, а не в результаті втрати стійкості.

Даний метод відображає дійсне зусилля, яке потрібно прикласти для руйнування міжволоконних зв'язків. За результат приймається опір стиснення, віднесений до ширини зразка, який обчислюється до 0,01 кН/м. Відношення опору стиснення SCT до маси 1 м<sup>2</sup>, яке вираховується з точністю до 0,1 Нм/г, називається індексом стиснення JSCT.

У більшості випадках міцність гофрованого картону під час торцевого стискання буде залежити від опору стискання (міцності) окремих видів паперу, з яких його виготовлено і величина якого визначається на основі досліджень SCT.



**Рис. 1. Принципова схема визначення опору стиснення гофрозразка за методом SCT**

Для розрахунку ЕСТ потрібно знати величину міцності при стисненні кожного з шарів гофрокартону. Показник зусилля стиснення на короткій відстані SCT є характеристикою для всіх тарних картонів та паперу для гофрування і нормується в європейських країнах для цих видів продукції.

Слід зазначити, що в деяких випадках вирішальну роль відіграє місцеве викривлення окремих шарів зразка і емпіричні залежності можуть приводити до результатів з більшими похибками, ніж у випадку запропонованого аналітичного методу для визначення показника ЕСТ. Запропонований метод оцінки ЕСТ гофрокартону дозволяє аналізувати явища, які відбуваються під час дослідження характеристик міцності, і дає можливість вибрати відповідні складники (види паперу) для виробництва гофрокартону так, щоб у практичних умовах механічні властивості окремих шарів було б повністю використано. Завдяки цьому можна буде знизити собівартість виробництва і споживання матеріалів. Крім того, на відміну від розповсюджених емпіричних залежностей, цей метод не вимагає експериментального визначення констант, характерних для різних видів гофрокартону, що полегшує прогнозування опору торцевому стисканню для зразка гофрованого картону, і тому є більш універсальним.

Знання значення показника SCT вихідних матеріалів гофрокартону є необхідним для розрахунку теоретично досяжних показників гофротари. Досягнення встановлених значень цього параметру є запорукою досягнення необхідних властивостей гофротари. Використання методики прогнозування таких параметрів, як опір стиснення (SCT) і опір гофрокартону до стискання (ЕСТ), на основі механічних властивостей окремих шарів (видів паперу), дає можливість вибрати оптимальну сировину для виготовлення гофрованого картону. Крім того, методи аналізу міцності гофрокартону за різних умов навантаження можуть бути використані під час оцінювання несучої здатності виготовлених із цього гофрокартону пакувань.

Список використаних джерел:

1. Шевчик В.Г., Хаджинова С.Є. Методи розрахунку механічних властивостей гофрованого картону. Упаковка. 2013. № 1. С. 20-25.
2. Jakubiszyn M., Czechowski J. Forecasting the properties of corrugated board and packing based on the correlations equations. Przegl. Papiern. 2002. № 58(5). P. 287-293.